ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 31 mai au lieu du lundi 29.

Notice nécrologique sur ÉMILE JEANBRAU,
par M. **Henri Hartmann**.

Émile Jeanbrau est né le 1er octobre 1873 dans le Gard, à Alais. Il fit ses études médicales à Montpellier. Interne des Hôpitaux en 1896, il eut pour maîtres, en médecine, Grasset et Rouzier, en chirurgie, Forgue, Truc et Estor. Il fut nommé agrégé en 1920. Les maladies des voies urinaires l'intéressant, il vint à Paris travailler dans les services de Guyon et d'Albarran. Il n'abandonna toutefois pas la chirurgie générale. Une loi ayant paru en 1898 sur les accidents du travail, Jeanbrau fit sur cette question une série de conférences, puis publia avec son maître Forgue, un Guide du Médecin dans les accidents du travail, ouvrage qui eut plusieurs éditions. Toujours en collaboration avec Forgue, il écrivit un article sur les plaies par armes à feu de l'estomac. Avec Ombredanne et Nové-Josserand, il publia une chirurgie réparatrice et orthopédique, il fut plusieurs fois désigné comme rapporteur au Congrès français de Chirurgie.

C'est toutefois aux questions de chirurgie urinaire qu'il s'intéressait spécialement. Ayant installé à ses frais une petite clinique affectée au traitement des maladies urinaires, il publia une série de travaux en urologie. Je vous rappellerai simplement ceux qu'il écrivit sur les calculs de l'uretère et sur l'anurie. Aussi fut-il désigné pour présider le Congrès d'Urologie en 1921. Chargé d'un cours d'Urologie, il fut, en 1922, lors de la création à Montpellier d'une chaire d'Urologie, son premier titulaire.

A côté de ces travaux scientifiques, je désire vous parler du rôle important qu'a joué Jeanbrau pendant la guerre 1914-1918. Classé dans les services auxiliaires, il demanda, dès le début des hostilités, à passer dans le service armé. Envoyé tout d'abord comme infirmier à Marseille, il fut rapidement mis à sa place comme chirurgien et finalement en 1915 mis à la tête d'une auto-chir.

A Vadlincourt, voyant ses blessés succomber en très grand nombre au choc et à des hémorragies, constatant que les injections de sérum restaient sans effet, il s'est dit qu'il fallait à ces moribonds des globules rouges, qu'il fallait faire des transfusions. Hayem avait bien insisté sur leur importance, sur la place qu'elles devaient occuper, mais sa voix était restée sans écho, tout au moins dans notre pays. En Amérique, Crile s'était fait l'apôtre de la transfusion, mais la manière dont il la pratiquait était un peu compliquée; il établissait entre le donneur et le blessé une anastomose artéro-veineuse : c'était une véritable opération. Je l'ai pratiquée avec succès, mais ai constaté que c'était une intervention délicate, plus longue que bien des opérations. Il n'était pas possible de la faire sur le front des armées. Jeanbrau s'en rendit compte immédiatement et demanda à son collègue Hédon, professeur de physiologie, qu'il savait avoir fait, sur l'animal, des expériences, le meilleur moyen d'empêcher la coagulation du sang.

Hédon lui indiqua qu'il suffisait d'ajouter au sang un peu de citrate de soude pour empêcher sa coagulation. Immédiatement Jeanbrau utilisa ce procédé et obtint d'excellents résultats. Avec du sang ainsi stabilisé, on pouvait très simplement recueillir, par une simple ponction veineuse, ce sang, le réinjecter au blessé, de même, par une simple ponction veineuse. Hustin, de Bruxelles, Agote, de Buenos-Aires, Lewisohn, de New-York venaient d'arriver aux mêmes conclusions. Jeanbrau ignorait leurs travaux, la guerre empêchant les recherches bibliographiques. Il précisa la manière d'agir, les quantités de sang à injecter, le temps nécessaire pour faire les injections, etc. et obtint des séries de succès. Par ses communications à la Société de Chirurgie, par la propagande qu'il fit auprès de ses collègues de l'armée, il arriva à généraliser sa méthode. Bien des blessés furent ainsi sauvés. Aussi la croix de guerre qui lui fut décernée a-t-elle été des plus méritées.

Appelé par M. Mourier à venir au Ministère, il s'efforça de mettre à leur place ceux qui ne l'étaient pas, de leur donner le personnel et le matériel qui leur étaient nécessaires : En même temps, il fonda des écoles pour la rééducation des blessés. Tout cela fut fait sans bruit pour le plus grand bénéfice de notre pays.

Aussi comprend-on que l'Académie nationale de Médecine l'ait élu en 1925 membre correspondant, puis, en 1943, Associé national et que vous-même, la même année, lors de la mort de son maître Forgue, l'ayez élu membre correspondant de notre Académie.

CHALEUR. — *Utilisation de radio-éléments dans l'étude des températures de transition et des températures critiques des jets moléculaires sur des surfaces.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Marcel Devienne**.

Les auteurs décrivent le principe d'une méthode d'étude du comportement d'une surface recevant un jet moléculaire, méthode basée sur l'utilisation de radio-éléments dont on peut fixer le parcours grâce au compteur de Geiger.

Les jets moléculaires sont obtenus de la façon classique : un four électrique contenant le métal est chauffé à une température déterminée pendant un temps donné. Le four est percé d'un orifice en mince paroi, orifice dont le diamètre est nettement inférieur au libre parcours moyen des molécules d'air ou de métal à la pression considérée.

On place devant l'orifice du four, à une distance variable, des plaques de verre ou de divers métaux. Tout l'appareil est placé sous une cloche métallique dans laquelle on effectue un vide de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure.

Suivant l'intensité du jet moléculaire et la température de la plaque de condensation, on observe au bout d'un temps très variable un dépôt visible. Ceci constitue la méthode habituelle d'étude de la condensation des jets moléculaires.

Nous avons appliqué la méthode des radio-éléments traceurs à cette étude; pour cela nous avons remplacé l'antimoine non radioactif dont les jets moléculaires avaient été étudiés par la méthode classique, par de l'antimoine radioactif composé d'isotopes 122 et 124.

Nous avons ainsi pu mettre facilement en évidence un dépôt d'antimoine au bout d'une demi-heure sur du verre à la température de 73° C, alors qu'une plaque de verre identique placée à la même distance de l'orifice du four et portée à la même température, ne présentait aucun dépôt visible au bout de 10 heures.

Cette méthode d'utilisation des radio-éléments a également l'avantage de pouvoir mettre en évidence la réflexion des molécules sur la surface. Pour cela, entre l'orifice du four et la plaque sont disposées deux petites plaquettes de cuivre, percées d'orifices circulaires, l'une plus rapprochée du four a pour but d'empêcher le jet moléculaire d'antimoine de se condenser sur la seconde. Cette dernière, placée en dessous de la plaque de verre, reçoit les molécules qui se sont *réfléchies* sur celle-ci.

On a vérifié au compteur de Geiger que pour une température de 73° C, il y a réflexion d'une partie des molécules. Cette température est donc comprise entre la température de transition et la température critique de condensation du jet moléculaire sur la plaque de verre.

En dehors de l'étude des températures de transition et critique de la conden-

sation des jets moléculaires, la méthode peut être également utilisée pour l'étude de l'influence de la nature des surfaces sur la réflexion et la captation des molécules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu aquatique sur l'absorption des matières minérales par les végétaux.* Note de M. **Raoul Combes**, M[lles] **Marie-Thérèse Gertrude** et **Ginette Lévigne**.

Le milieu aquatique, par son action sur l'élaboration des tissus des plantes amphibies, accroît leur pouvoir de captation des minéraux; cet accroissement se montre très différent pour les divers éléments et il varie aussi profondément suivant les espèces. Construits sous l'eau, les tissus de l'*Œnanthe Phellandrium* captent surtout le potassium, ceux du *Veronica Anagallis* captent à la fois l'ion nitrique et l'ion potassium.

L'étude de l'action du milieu sur l'absorption des substances minérales par les plantes a montré que ces dernières peuvent acquérir des teneurs en minéraux fixes variant du simple au double suivant les conditions dans lesquelles elles se développent. J. Panchaud (¹), R. Combes et M.-Th. Gertrude (²) ont fait connaître des exemples de ces variations dans le cas de plantes de même espèce développées à des éclairements d'intensités différentes. Les individus croissant en lumière très atténuée accumulent des quantités de minéraux fixes à peu près doubles de celles contenues dans les individus soumis à l'éclairement solaire direct.

Des faits comparables ont été observés en ce qui concerne l'action du milieu aquatique sur les plantes amphibies. M.-Th. Gertrude (³) constate que *Veronica Anagallis* contient 14,96 % de minéraux fixes lorsqu'il croît dans l'air et 22,72 % quand il vit en immersion dans l'eau. Nous avons rencontré des différences de même ordre chez deux autres plantes amphibies, *Œnanthe Phellandrium* et *Lysimachia nummularia;* nous trouvons par exemple chez l'Œnanthe développé à l'air 12,05 % de minéraux fixes dans les racines, 17,46 % dans les tiges feuillées et chez la plante vivant sous l'eau, 27,64 % dans les racines, 21,65 % dans les tiges feuillées.

Ainsi, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, les plantes placées dans des conditions où elles transpirent peu, en lumière très atténuée, ou dans des conditions où elles ne transpirent pas, en immersion complète dans l'eau, ont cependant une teneur en minéraux beaucoup plus élevée que les individus de même espèce vivant en plein air, à la lumière solaire directe, où leur transpiration est active.

(¹) *Revue générale de Botanique*, **46**, 1934, p. 586.
(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1107.
(³) *Revue générale de Botanique*, **49**, 1937, p. 161.

Nous avons recherché quels sont les éléments qui prennent part de façon prédominante à cette forte minéralisation des plantes croissant en immersion dans l'eau ou à de faibles intensités lumineuses. L'étude a tout d'abord porté sur l'action exercée par le milieu aquatique.

Il avait été antérieurement établi ([4]) que le *Veronica Anagallis*, cultivé en immersion dans l'eau, pouvait avoir fixé, lorsqu'il atteignait l'état adulte, jusqu'à 10 % de son poids sec de nitrates, tandis que les individus croissant dans l'air s'en trouvaient totalement dépourvus à ce stade. C'était là un exemple d'action extrêmement profonde exercée par les conditions du milieu sur la minéralisation des tissus d'une espèce et une hypothèse avait été proposée pour expliquer le mécanisme de cette action, faisant intervenir la nature des colloïdes spéciaux constituant les tissus construits sous l'eau et leur affinité pour des éléments minéraux déterminés. Nous avons voulu, avant d'envisager le problème de l'absorption des minéraux fixes, rechercher si ce phénomène de captation des nitrates en milieu aquatique présentait une certaine généralité. Nous avons examiné à ce point de vue quelques espèces capables de croître dans l'air et dans l'eau. Les résultats du dosage des nitrates, exprimés en grammes de nitrate de potassium et rapportés à 100^g de substance sèche, ont été les suivants : chez *Œnanthe Phellandrium*, 0,039 dans la plante d'air et 0,050 dans la plante d'eau; chez *Rubus fruticosus*, 0,027 dans la plante d'air et 0,175 dans la plante d'eau; chez *Phragmites communis*, 0,229 dans la partie émergée de la tige et 0,419 dans la partie immergée; chez *Scirpus lacustris*, 0,054 dans la partie émergée de la tige et 0,364 dans la partie immergée. Le milieu aquatique réalise donc des conditions telles que les tissus végétaux qui s'y construisent captent en général notablement plus de nitrates que ceux qui se forment dans l'air, la teneur en nitrates des organes immergés pouvant atteindre jusqu'à six fois celle des organes formés dans l'air (*Rubus* et *Scirpus*); mais le *Veronica Anagallis* apparaît comme une espèce dont la réaction vis-à-vis du milieu aquatique est à ce point de vue exceptionnellement accusée.

L'étude de l'action du milieu aquatique sur la teneur des tissus en minéraux fixes a été entreprise sur l'*Œnanthe Phellandrium*. Des exemplaires de la plante ont été cultivés depuis la germination, les uns dans l'air et les autres en immersion dans l'eau. Ils ont été récoltés à la fin de la période active de végétation, en septembre, et ont été soumis à l'analyse. On a déterminé, dans chaque plante, l'ensemble des minéraux fixes par pesée des cendres, la teneur en phosphore par la méthode de Copaux, la teneur en potassium par la méthode de Maume, Dulac et Bouat, la teneur en magnésium par précipitation sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien et dosage de l'acide phosphorique par la méthode de Lorenz, la teneur en calcium par précipitation à l'état

([4]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 69.

d'oxalate et dosage par le permanganate de potassium. Les résultats obtenus, rapportés à 100 parties de matière sèche, sont réunis dans le tableau ci-dessous.

	Plantes d'air.		Plantes d'eau.	
	Tiges feuillées.	Racines.	Tiges feuillées.	Racines.
Matières minérales fixes....	17,46	12,05	21,65	27,64
Phosphore................	0,51	0,52	0,56	0,48
Potassium................	2,05	1,72	7,01	8,10
Magnésium................	0,39	1,21	0,67	1,83
Calcium..................	2,58	1,12	1,24	1,39

Lorsqu'il croît dans l'air, l'Œnanthe absorbe des quantités voisines de potassium et de calcium et des quantités moindres de phosphore et de magnésium. Lorsqu'il croît dans l'eau, ses tissus n'augmentent pas de façon importante leur teneur en phosphore, en magnésium, ni en calcium, mais par contre la quantité de potassium fixée est presque quintuplée dans les racines et plus que triplée dans les tiges feuillées.

Nous avons recherché si cette propriété que possède l'Œnanthe developpé dans l'eau de capter de grandes quantités de potassium est un phénomène général chez les plantes vivant en milieu aquatique. Dans ce but nous avons cultivé quelques espèces amphibies, comparativement en immersion dans l'eau courante d'un bassin et sur un sol exposé à l'air, et nous avons dosé le potassium dans les deux lots de plantes. Les résultats rapportés à 100 parties de matière sèche sont réunis dans le tableau ci-dessous.

	Plantes d'air.	Plantes d'eau.	Rapport $\frac{\text{eau}}{\text{air}}$.
Œnanthe Phellandrium, tiges feuillées..........	2,05	7,01	3,4
» » , racines.................	1,72	8,10	4,7
Veronica Anagallis, plante entière..........	1,97	6,57	3,3
Lysimachia nummularia, »	1,51	3,38	2,2
Sagittaria sagittoefolia, »	4,43	6,02	1,3

L'accroissement de la fixation du potassium par le développement en milieu aquatique a lieu chez les quatre espèces étudiées, mais il est surtout accentué chez l'Œnanthe et la Véronique. Les dosages effectués au moyen d'une méthode différente par le professeur Gabriel Bertrand et Didier Bertrand ([5]) sur trois de ces espèces récoltées à un stade un peu moins avancé ont mis en évidence des variations de même sens.

On peut conclure de cette étude que les tissus végétaux formés en immersion dans l'eau fixent notablement plus de matières minérales que lorsqu'ils se forment dans l'air. L'accroissement du pouvoir de captation des minéraux que provoque le développement en milieu aquatique se montre très différent pour

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1553.

les divers éléments présents et il varie aussi suivant les espèces végétales en expérience. Immergés côte à côte dans une même eau et fixés sur un même sol, l'Œnanthe a son pouvoir de captation accru surtout vis-à-vis du potassium tandis que la Véronique a ce pouvoir accru à la fois vis-à-vis de l'ion nitrique et vis-à-vis de l'ion potassium. Si l'on adopte l'hypothèse antérieurement formulée, ces différences d'affinité des tissus des plantes d'eau pour des minéraux déterminés peuvent s'expliquer par la nature différente des colloïdes que produit chaque espèce lorsqu'elle se construit en milieu aquatique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rubidium à côté du potassium et du sodium dans le sang humain.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Au cours de nos recherches sur la présence du rubidium chez les animaux (1), nous avons réussi à reconnaître et à doser ce métal alcalin dans toutes les espèces et dans tous les tissus ou organes que nous avons examinés. On devait s'attendre, d'après ces résultats, à le rencontrer d'une manière constante dans le sang, y compris celui de l'Homme. Au moment de notre publication, nous n'avions opéré que sur le sang de Cheval, dans lequel existait environ 7^{mg} de rubidium par litre. Chez l'Homme, des sondages purement qualitatifs avaient été effectués par Ramage et Sheldon, mais après avoir annoncé la présence du rubidium dans le sang humain, ces auteurs ne parvinrent plus à le déceler deux années plus tard que dans 14 échantillons sur 23 qu'ils analysèrent (2).

Ayant à notre disposition une méthode non seulement qualitative, mais quantitative, très sensible et très exacte de détermination du rubidium, il nous a paru intéressant d'étudier à nouveau la question restée imprécise de la présence de ce métal dans le sang. On commence, en effet, à s'intéresser au rôle du potassium dans l'organisme humain. Or, le potassium et le rubidium sont très voisins au point de vue chimique. Dans l'étude dont nous apportons aujourd'hui les résultats, nous avons cherché si le rubidium existe normalement dans le sang humain et dans quelles proportions il peut éventuellement s'y trouver.

Pour les analyses, 10^{cm^3} de sang ont été retirés par ponction d'une veine superficielle du pli du coude, versés dans une capsule de platine et desséchés à l'étuve. Le résidu a été minéralisé en deux temps et les métaux alcalins séparés des cendres sous forme de chlorures, suivant la méthode utilisée dans nos recherches antérieures. C'est dans 10^{mg} exactement du mélange sec de ces chlorures que nous avons procédé, par spectrographie, à la détermination qualitative et quantitative du sodium, du potassium et du rubidium.

---

(1) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 25.
(2) *Nature*, n° 125, 1929, p. 601.

Le sang veineux sur lequel nous avons opéré a été prélevé le matin, sur des sujets à jeun, jeunes, apparemment en bonne santé, choisis parmi les travailleurs du laboratoire. Les dosages ont été effectués sur dix personnes de sexe masculin et neuf de sexe féminin.

Dans tous les cas, nous avons rencontré et dosé le rubidium. Les résultats que nous avons trouvés sont groupés dans le tableau suivant :

D'après ces résultats, les quantités de rubidium rencontrées dans un litre de sang, ont été, pour un homme, comprises entre 1^{mg},63 et 4^{mg},95, avec une valeur moyenne de 3^{mg},15. Pour la femme, ce taux a été légèrement inférieur : il a varié de 1^{mg},12 à 5^{mg},55, avec une valeur moyenne de 2^{mg},83.

Cette petite différence, analogue à celle connue pour le potassium, peut sans doute être expliquée par une localisation de la plus grande partie du rubidium dans les globules rouges dont le nombre est, comme on sait, plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Nous reviendrons prochainement sur cette question.

Hommes n^{os}.	Rb (mg).	K (g).	Na (g).	Femmes n^{os}.	Rb (mg).	K (g).	Na (g).
2	1,63	1,75	1,75	3	2,46	1,15	2,33
4	3,09	1,20	1,93	6	3,88	1,73	2,53
5	4,10	0,92	2,29	10	2,07	1,51	2,46
7	3,08	2,34	1,22	12	2,40	1,23	2,37
8	2,30	1,95	1,57	16	5,55	1,71	2,12
9	3,18	1,89	1,89	17	3,87	2,48	1,47
11	4,45	1,29	2,34	18	3,43	1,63	2,02
13	3,13	1,86	1,75	19	1,45	0,79	3,26
14	4,95	1,40	2,11	20	1,12	1,22	2,71
15	4,15	2,40	1,88	29	2,06	2,03	1,53
25	1,73	1,64	2,12				
26	2,12	2,42	1,19				
Total	37,91	21,16	22,04		28,29	15,48	22,80
Moyenne	3,15	1,75	1,84		2,83	1,55	2,28
Écart	1,63	0,92	1,22		1,12	0,79	1,47
	4,95	2,42	2,34		5,55	2,48	3,26

Note. — Les chiffres donnés sont calculés et la précision réelle pour un seul dosage correspond à : ± 7 % pour le Rb; ± 4,8 % pour le K; ± 3,7 % pour le Na.

Quant au sodium et au potassium que nous avons également dosés, leur concentration moyenne par litre est respectivement de 1^{g},84 et 1^{g},75 pour l'Homme et de 2^{g},28 et 1^{g},55 pour la Femme.

La majorité des chiffres relatifs au sodium et au potassium sont en accord avec ceux généralement donnés par la littérature et établis par voie purement chimique. Par contre, nous avons observé dans quelques cas des variations de teneur notablement plus fortes, allant de 1 à 3 environ. Ces écarts ne peuvent être imputés à des erreurs analytiques : en effet, malgré la fidélité de la

méthode chimico-spectrographique dont nous nous servons, nous avons répété plusieurs analyses en partant des cendres d'un même sang et, soit par la méthode chimique employée seule, soit par la méthode chimico-spectrographique rappelée plus haut, les nouveaux résultats ont confirmé ceux qui avaient déjà été obtenus.

Nous avons, en outre, opéré sur un sang exceptionnellement riche en potassium (celui du sujet 7) et sur deux particulièrement pauvres (sujets 3 et 5), en partant de prises faites trois semaines après les premières. Le sujet 7 était resté en bon état physique et moral; les sujets 3 et 5 qui, lors de la première prise de sang, présentaient un état psychique dépressif et de l'asthénie, étaient nettement améliorés à ce double point de vue au moment de la seconde prise. La teneur en potassium était pratiquement inchangée avec le sujet 7, mais elle était passée chez le 3 de $1^{mg},15$ à $2,03$ et chez le 5 de $0^{mg},92$ à $1,64$. Signalons enfin que la teneur en potassium du sujet 19 ($0^{g},79$) ne pouvait provenir d'un état anémique, la numération globulaire ayant donné un chiffre normal (4600000 G. R., T. H. 90 %).

Conclusions. — Il se dégage de ces premières recherches que le rubidium existe normalement, à côté du sodium et du potassium, dans le sang humain. Sa valeur moyenne chez l'Homme serait de $3^{mg},15$ légèrement supérieure à celle trouvée chez la Femme, $2^{mg},83$.

Il est important de noter, pour d'éventuelles utilisations cliniques, que de fortes variations de teneur pouvant aller du simple au triple, tant pour le rubidium que pour le sodium et le potassium, ont été observées dans les échantillons de sang normal que nous avons analysés.

Enfin, on remarquera que les teneurs varient indépendamment les unes des autres pour les trois métaux alcalins et qu'elles sont plus étendues pour le rubidium que pour le potassium et le sodium.

IMMUNOLOGIE. — *Essais de conservation du vaccin anti-aphteux à différentes températures.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Jean-Pierre Thiéry, Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux.**

L'un des principaux reproches faits au vaccin anti-aphteux préparé selon la formule de Vallée, Schmidt, Waldmann (anavirus formolé adsorbé par l'hydrate d'alumine), est son manque de stabilité qui oblige à le garder à une température comprise entre $+3^{\circ}$ et $+7^{\circ}$. Aussi est-il apparu depuis longtemps souhaitable de modifier ce vaccin afin d'en permettre le transport et la conservation à la température ordinaire et, par suite, l'utilisation dans de meilleures conditions pratiques.

(*) Séance du 15 mai 1950.

Nous basant sur le fait que la glycérine a été employée avec succès pour assurer la conservation des propriétés non seulement des virus, mais aussi des virus-vaccins (conservation du virus rabique, du vaccin jennerien, etc.), nous avons recherché si l'addition de glycérine au vaccin anti-aphteux était capable d'augmenter sa résistance à la chaleur et sa stabilité dans le temps. Nous pensions, d'autre part, que la glycérine pourrait également, servir de substance adjuvante et stimulante de l'immunité, et ajouter ainsi au rôle joué habituellement par l'hydrate d'aluminium, en compensant dans une certaine mesure la diminution de la valeur immunisante du vaccin, diminution qui pourrait survenir du fait des mauvaises conditions de conservation dans lesquelles le vaccin serait placé ([1]).

Des moyens matériels insuffisants ne nous ayant pas permis de préparer nous-mêmes un tel vaccin, nous avons utilisé des vaccins classiques que nous devons à nos Collègues, le Dr Schmidt, de Copenhague, et le Dr Moosbrugger, de Bâle.

Voici l'une de nos expériences :

Le vaccin anti-aphteux, qui nous est parvenu très rapidement (par avion) dans de bonnes conditions, a été éprouvé à son arrivée; son activité immunisante s'étant révélée très satisfaisante, 500$^{cm^3}$ ont été additionnés, à parties égales, d'une glycérine aussi proche que possible de la neutralité. Ce mélange glycérine-vaccin a été réparti dans deux flacons qui ont été placés, le premier, pendant 8 jours à la température du laboratoire (entre 18° et 20°) le deuxième pendant 48 heures à l'étuve à 26°. Après ce séjour au laboratoire ou à l'étuve, ces vaccins ont été remis durant plusieurs jours à la chambre froide (+ 4°) avant leur emploi expérimental.

D'autre part, 100$^{cm^3}$ de vaccin non modifié ont été abandonnés, à la température du laboratoire pendant le même temps que le vaccin glycériné et 100$^{cm^3}$ de ce même vaccin conservés à la chambre froide + 4°.

Les diverses sortes de vaccins ont été injectées à différents lots de bovins à des doses telles qu'elles contenaient toutes 30$^{cm^3}$ du vaccin initial.

Les injections de vaccin additionné de glycérine ont causé des réactions locales en général plus fortes que celles du vaccin non modifié.

Quinze jours plus tard, tous les animaux vaccinés et trois bovins non vaccinés, servant de témoins, ont reçu dans la muqueuse linguale une quantité de virus représentant au moins 10 000 doses infectantes.

Des résultats enregistrés au cours de cette expérience dont les détails seront fournis ailleurs, il ressort que les trois bovins qui ont reçu le vaccin additionné de glycérine et laissé 48 heures à l'étuve à 26° n'ont présenté aucun signe de fièvre aphteuse. *On remarquera tout spécialement la résistance parfaite de ces trois animaux.*

([1]) En ce qui concerne les propriétés adjuvantes et stimulantes de la glycérine, *voir* G. Ramon, R. Richou et J. P. Thiéry, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1678.

Deux des trois bovins qui ont reçu le vaccin glycériné ayant séjourné 8 jours au laboratoire, n'ont présenté que des aphtes locaux, le troisième n'a eu ni hyperthermie ni aphtes. Des deux sujets immunisés avec le vaccin non glycériné conservé au laboratoire, l'un d'entre eux a présenté de l'hyperthermie et des lésions de la langue et du bourrelet, l'autre n'a pas eu d'hyperthermie, mais des aphtes rupturés. Quant aux témoins, non vaccinés, ils ont présenté tous les trois une hyperthermie persistante et une généralisation de l'infection avec une très forte réaction générale, refus de la nourriture, etc. Deux d'entre eux sont morts de la fièvre aphteuse le 6e jour. L'épreuve était donc particulièrement sévère.

Dans une autre expérience, trois animaux ont été soumis à l'injection d'un vaccin glycériné, préparé de la même façon, et conservé 8 jours au laboratoire; ils ont été ensuite éprouvés dans des conditions analogues à celles de la première expérience; deux d'entre eux n'ont eu ni hyperthermie ni aphtes locaux, le troisième présentait seulement un aphte rupturé; deux animaux traités par le même vaccin non glycériné, conservé également 8 jours au laboratoire, présentèrent l'un de l'hyperthermie et un aphte volumineux, l'autre un aphte rupturé envahissant toute la langue; les témoins correspondants ont été atteints de fièvre aphteuse généralisée.

Il semble donc bien, d'après ces résultats, que l'on puisse obtenir une meilleure conservation du vaccin anti-aphteux grâce à l'addition de glycérine. Mais de nouvelles expériences sont nécessaires pour permettre de tirer une conclusion définitive. Nous nous proposons notamment de poursuivre cette expérimentation en utilisant un vaccin glycériné devant être actif à la dose habituelle de 30^{cm^3} ou à une dose plus réduite encore, et en soumettant au préalable ce vaccin, durant un temps variable, à diverses températures. Ces expériences sont actuellement en cours.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'invariance de la rotativité dans le passage de l'état gazeux à l'état liquide. Étude expérimentale de l'oxyde d'éthyle.* Note (*) de MM. **René de Mallemann**, **François Suhner** et **Jean Grange.**

D'après les expériences anciennes, la rotativité mesurée dans la phase vapeur est le plus souvent supérieure à la rotativité déduite des grandeurs observées dans la phase liquide. Mais l'écart ne dépassait guère la précision des mesures et pour établir le fait avec certitude, il était nécessaire de reprendre les expériences à l'aide d'une technique perfectionnée (particulièrement en ce qui concerne la mesure des densités de vapeur). Une étude assez étendue de l'*oxyde d'éthyle* a confirmé l'existence de l'écart évalué, dans ce cas, à 3 %.

Les mesures effectuées au cours de la période 1929-1934 par l'un des auteurs, en collaboration avec M. P. Gabiano (ultérieurement avec M. F. Suhner), ont

(*) Séance du 15 mai 1950.

porté sur un grand nombre de substances, de constitutions très diverses, et les résultats avaient permis de conclure que la rotativité du liquide, exprimée en fonction du facteur théorique $9n/(n^2+2)^2$, correspondait généralement à la rotation spécifique de la vapeur avec des écarts ne dépassant pas 5 %, précision du même ordre que celles des mesures réalisables au moyen de l'appareillage initial. On avait remarqué pourtant que la majorité des écarts avait le *même sens*, la rotativité calculée à partir des constantes du liquide étant le plus souvent *inférieure* à celle de la vapeur (et la différence semblait plus sensible avec des corps dont les molécules ont une constitution *polaire*).

Les appareils et la technique ayant été améliorés entre temps, nous avons jugé nécessaire de reprendre un certain nombre de mesures. La comparaison des rotations spécifiques exige, en particulier, une connaissance assez précise des *densités de vapeur*; celles-ci avaient été déterminées antérieurement par les procédés classiques où l'on opère à la pression atmosphérique; or la pression de la vapeur dans le tube polarimétrique était généralement supérieure, et comme la densité varie relativement beaucoup à proximité de l'état de saturation, la réduction calculée par la loi des gaz pouvait conduire à des nombres trop faibles ([1]). Cette cause d'erreur a pu être éliminée en déterminant la densité de la vapeur à partir de la masse totale du liquide introduite dans le tube polarimétrique, préalablement jaugé : ce tube ayant une capacité de 5588^{cm^3} et les masses dépassant 20^g en moyenne, on obtient ainsi directement, avec une bonne précision, la densité de vapeur *dans les conditions mêmes de l'observation polarimétrique*. (Le dispositif fonctionne à ce point de vue comme un gigantesque appareil de V. Meyer.)

D'autre part, on a effectué un nouveau tarage des bobines; le nombre des spires a été vérifié et l'indication de l'ampèremètre contrôlée très exactement par remplissage du tube avec de l'eau pure.

La substance choisie en premier lieu est l'*oxyde d'éthyle*, dont la vapeur se prête commodément à des observations dans des conditions variées de pression et de température.

Liquide (séché par contact prolongé avec Na en fils, puis distillé plusieurs fois). $É_{750}$ $34°,5$; $d_{20/20}$ $0,7151$; n_{578}^{20} $1,3563$.

Rotation par rapport à l'eau à 20°......	$\alpha = 0,8345$	$\lambda = 578^{m\mu}$
Constante de Verdet à 20°............	$\Lambda = 1,140.10^{-2}$	(minutes)
Rotation moléculaire à 20°............	$[\Lambda]_M = 34,37 .10^{-5}$	(radians)
Rotativité à 20°......................	$[\Omega]_M = 28,46 .10^{-5}$	(radians)
Dispersion..........................	546 : 1,13	436 : 1,85

([1]) La présence des bobines qui entourent le tube ne permet pas d'opérer à des températures où les vapeurs se comporteraient à peu près comme des gaz, et quand on diminue la pression, les rotations deviennent trop faibles.

Vapeur. — Différence de potentiel magnétique appliquée, $H^1 = 610573$ C.G.S.; d masse spécifique sous p et t; 2ρ rotation double, $\lambda = 578^{m\mu}$.

	t^o.	p (mm à 0°).	$d_{(t)}^{(p)}$.	δ_{air}.	2ρ (degrés).	$[\Omega]_M$ (radians).
Sèche........	40	416	$1,605.10^{-3}$	2,59	0,45	$29,7.10^{-5}$
	41	735	2,95	2,71	0,83	29,7
	60	1223	4,73	2,77	1,31	29,3
	60	1308	5,08	2,78	1,40	29,2
Saturante......	41	946	3,85(tables)	2,75	1,06	29,1

Tenu compte de la précision plus faible des nombres correspondant aux basses pressions, on peut conclure que la rotativité de l'oxyde d'éthyle est comprise entre 29.10^{-5} et $29,5.10^{-5}$ (rad.); sa valeur dépasserait donc d'environ 3 % le nombre obtenu pour l'état liquide.

Les anciennes mesures avaient conduit à la valeur $30,3.10^{-5}$, nettement supérieure, bien que les rotations observées dans des conditions comparables soient en bon accord; l'écart est dû à la valeur plus faible de la densité de vapeur. Le tableau montre d'ailleurs que cette densité augmente relativement très vite avec la pression. (Avec les densités prises suivant la procédure antérieure, la plupart des nombres de la dernière colonne dépasseraient 30.10^{-5}). La manière dont les valeurs de $(\Omega)_M$ varient avec les conditions expérimentales pourrait suggérer que l'écart entre les rotativités des deux phases tend à diminuer quand la vapeur se rapproche de la *saturation*. Mais la petitesse des rotations aux faibles pressions ne nous permet pas d'être affirmatif sur ce point. [Dans l'expérience faite sous 416^{mm}, une erreur de 0°,005 par excès sur la rotation simple suffirait à ramener la valeur de $(\Omega)_M$ au voisinage de $29,10^{-5}$].

Quoi qu'il en soit, l'existence d'un petit écart *négatif* pour la rotativité de la phase liquide paraît indiscutable, et ce fait doit être imputé, à notre avis, au manque de rigueur de l'expression théorique (comme pour la réfractivité et d'autres constantes moléculaires).

M. Charles Maurain fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *La météorologie et ses applications*, qu'il vient de publier dans la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *René Maire*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre des votants....................	67	68
	Nombre de suffrages.	
M. Pierre Teilhard de Chardin	30	42
M. Émile Guyénot........................	21	19
M. Georges Denigès	16	7

M. **Pierre Teilhard de Chardin**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

M. **Roger Heim** est désigné pour représenter l'Académie à la deuxième session de l'Assemblée générale de l'**Union internationale pour la protection de la nature**, qui se tiendra à Bruxelles, du 18 au 23 octobre 1950.

CORRESPONDANCE.

Le Secrétaire général du **Conseil international des Unions scientifiques** soumet à l'Académie le programme des délibérations qui doivent avoir lieu au cours de la réunion que le Comité exécutif tiendra dans le courant du mois d'août.

(Renvoi à une Commission composée de MM. É. Borel, G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Maurain, Ch. Jacob, G. Julia, A. Caquot, P. Montel, J. Pérès, E. de Martonne, L. Binet, A. Pérard, R. Courrier, R. Heim, A. Demolon, J. Cabannes, P. Lejay, A. Danjon et de tous autres Membres de l'Académie qui en exprimeraient le désir.)

Le Président du **Congrès international de médecine interne** invite l'Académie à se faire représenter au premier Congrès qui aura lieu à Paris, du 11 au 14 septembre 1950.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Synopsis of proposals concerning the international rules of botanical nomenclature, submitted to the Seventh international botanical Congress. Stockholm*, 1950, prepared by J. Lanjouw.

2° *Industries agricoles et alimentaires*. Janvier-février 1950, n° 1.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur le principe d'égalité de l'action et de la réaction.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour évident qu'il puisse paraître, le principe d'égalité de l'action et de la réaction recèle des difficultés sur lesquelles il n'est pas inutile de revenir.

On sait que ce principe appartient en propre à Newton qui en a fait le troisième de ses axiomes ou lois du mouvement.

Sur l'origine même de ce principe on peut faire les remarques suivantes :

Newton ne mentionne pas Descartes au rang de ses prédécesseurs immédiats auxquels il rend hommage. Mais il serait contraire à toute vraisemblance d'admettre qu'il ne l'ait pas lu, et même médité. Bien plus, certains concepts newtoniens s'éclairent si on les considère comme des réfutations du mécanisme cartésien.

Sans méconnaître une certaine *relativité* des mouvements, Newton crée le concept de mouvement *vrai* ou *absolu* pour corriger ce que le système cartésien avait d'inexploitable du fait même de la généralisation excessive de cette relativité. Il réfute même explicitement la définition cartésienne du mouvement : « Le mouvement vrai et absolu ne saurait être défini par la translation du voisinage des corps extérieurs que l'on considère comme au repos. Il faut que les corps extérieurs soient non seulement regardés comme en repos, mais qu'ils y soient véritablement, etc. ».

Mais Descartes avait proclamé non seulement la *relativité*, mais encore la *réciprocité* des mouvements. Dans le système cartésien où la matière se confond avec l'étendue et remplit tout l'espace, cette réciprocité apparaît comme un simple déplacement mutuel.

Newton est persuadé de la réalité de cette réciprocité; mais comme son système est en fait une mécanique des *causes* et qu'il attribue à ces causes, c'est-à-dire aux forces, un caractère *absolu*, il transpose, semble-t-il, cette réciprocité aux causes elles-mêmes, ce qui le conduit à l'énoncé de sa troisième loi.

Cette loi est triviale dans le cas de simples actions de contact. Newton se persuade, par de multiples expériences, qu'elle est vérifiée dans le choc et la réflexion des corps « aussi bien durs que mols » et qu'elle est en outre conforme à la théorie de Wren et de Huygens.

Reste à l'établir pour les attractions. Ici Newton recourt à un artifice, qui consiste à *imaginer* entre deux corps A et B qui s'attirent à distance un obstacle C qui les empêche de se joindre : ceci revient à rétablir la continuité de la matière entre A et B, comme dans l'étendue cartésienne. Si les actions de A et de B n'étaient pas réciproquement égales et opposées, l'ensemble A + B + C serait animé indéfiniment, dans le vide, d'un mouvement continuellement accéléré, ce qui viendrait contredire le principe galiléen (et cartésien) de l'inertie.

Ce raisonnement apporte quelque support à l'interprétation que nous proposons et qui ferait de la troisième loi de Newton la transposition, en langage de forces, de la réciprocité des mouvements dans l'étendue cartésienne.

Les critiques modernes ont cherché à éluder ces difficultés en définissant, à la suite de Barré de Saint-Venant, la masse de telle façon que la troisième loi de Newton soit automatiquement satisfaite.

Le principe d'égalité de l'action et de la réaction s'étend facilement au cas où la masse varie avec la vitesse suivant une loi arbitraire, mais il est mis en défaut par l'introduction des *potentiels retardés*.

Si, par exemple, après G. C. Darwin (¹) on étudie, même en négligeant les termes d'ordre supérieur à $1/c^2$, le problème des deux corps en relativité restreinte avec potentiel retardé et que l'on sépare l'effet de la variation de la masse avec la vitesse de l'effet du retard du potentiel, on peut mettre en évidence deux systèmes dont l'un satisfait, et l'autre non, au principe d'égalité de l'action et de la réaction (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problème de Dirichlet pour une équation du type mixte.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Roger Bader**, présentée par M. Joseph Pérès.

Théorèmes d'existence et d'unicité dans le cas du problème de Dirichlet pour une équation elliptique à l'intérieur d'un domaine et parabolique sur une partie de la frontière du domaine. Cette équation se rencontre en aérodynamique dans les problèmes transsoniques.

1. L'équation

$$\text{(E)} \qquad L(z) = k(y)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = F(x, y),$$

où $k(y)$ est positif pour y positif et nul pour y nul, est elliptique dans le demi-plan $y > 0$ et parabolique sur l'axe $y = 0$. On se pose le problème de Dirichlet relatif à un domaine G borné situé dans $y \geq 0$, dont la frontière Γ contient un segment AB de l'axe $y = 0$. Le même problème a été traité par Tricomi (¹) dans le cas où $k(y) = y$, $F = 0$, par des méthodes particulières (²). Ici, nous suivons les méthodes générales du calcul des variations (³); nous ne pensons pas qu'il y ait de difficultés à étudier par les mêmes méthodes des équations du type mixte plus générales.

2. Nous désignons par $\mathcal{H}$ l'ensemble des fonctions z, continues par morceaux dans G, telles que $H(z) = \iint_G z^2\, dx\, dy$ soit finie; par $\mathcal{D}$ l'ensemble

---

(¹) *Phil. Magazine*, **39**, 1920, p. 537.

(²) Nous avons montré (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1323) dans le cadre de la mécanique des quanta de Bohr-Sommerfeld que cet écart est, dans le cas de l'atome d'hydrogène, de l'ordre de la 1/1800 partie de la correction de structure fine due à la seule variabilité de la masse, donc pratiquement impossible à déceler.

(*) Séance du 24 avril 1950.

(¹) *Rend. della R. Acc. Naz. dei Lincei; Cl. Sc. Phis. Math. Nat.*, **14**, 1923, p. 133-247.

(²) L'équation se ramène alors à l'équation d'Euler-Poisson (Darboux, t. II).

(³) R. Courant et D. Hilbert, *Methoden der Mathematischen Physik*, **2**, Berlin, 1937.

des fonctions de $\mathcal{H}$, à dérivées premières continues par morceaux dans G, telles que $D(z) = \iint_G (kz_x^2 + z_y^2)\,dx\,dy$ soit finie ; par $\mathcal{D}^{\cdot}$ l'ensemble des fonctions de $\mathcal{D}$ nulles dans une bande frontière ; par $\mathcal{D}^0$ la fermeture de $\mathcal{D}^{\cdot}$ dans $\mathcal{D}$ par convergence forte suivant les métriques H et D ; par $\mathcal{F}$ l'ensemble des fonctions de $\mathcal{D}$ à dérivées secondes continues par morceaux, telles que $L(z)$ soit de carré sommable. On peut alors formuler un premier résultat :

Il existe une fonction z et une seule appartenant à $\mathcal{F}$ telle que $z - g$ appartienne à $\mathcal{D}^0$, g appartenant à $\mathcal{D}$, solution de (E) *dans* G, *k et* F *étant continues dans* $G + \Gamma$ *et ayant dans* G *des dérivées continues par morceaux.*

La démonstration consiste à chercher une fonction z de $\mathcal{D}$ telle que $z - g$ appartienne à $\mathcal{D}^0$ et pour laquelle l'expression $I(z) = D(z) + 2H(F, z)$ soit minimum. Il n'y a pas de difficultés car on se place toujours à l'intérieur du domaine.

La métrique $\mathcal{D}(z)$ permet de définir un système orthonormal et complet ([4]) de solutions (φ^ν) nulles en un point A intérieur à G et de considérer la fonction noyau (P et Q désignant deux points de G)

$$K_A(P, Q) = \sum_0^\infty \varphi^\nu(P)\,\varphi^\nu(Q).$$

La fonction z de l'énoncé précédent peut s'écrire alors, à une constante additive près :

$$z(P) = D[K_A(P, Q), g(Q)],$$

$D(\varphi, \psi)$ étant la forme polaire de $D(\varphi)$.

3. Pour étudier dans quels cas les valeurs de g sont prises par z sur AB, on ne peut plus étendre des raisonnements faits quand l'équation reste toujours elliptique et qui sont basés sur le fait que $\Delta(z) = (\partial^2 z/\partial x^2) + (\partial^2 z/\partial y^2)$ appartient à $\mathcal{H}$. Ici, seul $L(z)$ appartient à $\mathcal{H}$.

Dans le cas où $F = 0$ et où g a des dérivées secondes continues dans $G + \Gamma$, on démontre d'abord, en utilisant le principe du maximum, que dans un voisinage d'un point M de AB, z est majorée et minorée par les valeurs de deux solutions particulières (de la forme $z = f(y)\sin(\alpha x + \beta)$ égales à g en M et respectivement supérieures et inférieures à g dans le voisinage de M. On peut alors énoncer.

Si g a des dérivées secondes continues dans $G + \Gamma$, *il existe une solution et une seule de* (E), *prenant les valeurs de g en tous les points de* Γ.

Il est facile d'étendre ce résultat en utilisant les propriétés de compacité des solutions de E. Le résultat précédent est encore vrai si g est continu et borné dans $G + \Gamma$ sauf en un nombre fini de points de discontinuité sur Γ.

([4]) S. BERGMAN, *Complex orthogonal Functions and conformal mapping*, 1950.

Pour avoir un résultat analogue dans le cas où $F \neq 0$, il suffit évidemment de montrer qu'il existe une solution particulière de (E) qui prend des valeurs continues sur Γ. Il est facile de le voir si F a une forme particulière, par exemple $\sum_{j=0}^{n} P_{j,k}(y)(a_j \cos jx + b_j \sin jx)$, où $P_{j,k}$ désigne un polynôme de degré k, et l'on peut de nouveau conclure par un procédé de compacité.

On a finalement le résultat général suivant : *si l'on se donne des valeurs bornées continues sur* Γ, *un nombre fini de points de discontinuité exceptés, il existe une et une seule solution de* (E) *dans* G *qui prend ces valeurs sur* Γ; *k et* F *satisfaisant aux mêmes conditions que celles énoncées plus haut.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'interaction des trajectoires particulaires au voisinage d'un obstacle.* Note (*) de M. **Raymond Boucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'équation générale de la mécanique des suspensions [1] se simplifie dans le cas d'un aérosol de diamètre d et s'écrit

$$\rho \frac{d\vec{U}}{dt} = -\rho' \frac{u}{d} \vec{u} f\left(\frac{ud}{\nu}\right) + \rho \vec{g}.$$

En appliquant la méthode proposée par Brun et Vasseur [2], nous avons construit les trajectoires de différentes particules d'un micro-brouillard se déplaçant dans un champ aérodynamique connu. Ce dernier était constitué par un écoulement plan autour d'une lamelle de verre de grande envergure et de hauteur $D = 0^{cm},476$, la vitesse au loin du fluide étant normale à la plaque. En tenant compte du fait que, pour les aérosols, le coefficient de captation γ est une fonction des deux nombres sans dimensions $U_0 d/\nu$ et $\rho' D/\rho d$, nous avons pu tracer les deux courbes du rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$ correspondant à nos conditions d'expérience.

La source de micro-brouillard consistait en un pulvérisateur pneumatique qui a fonctionné avec les deux régimes ci-après : vitesse maximum du gaz dans la buse de la tuyère : 400 et 580 m/sec, débit gazeux : 920 et 1350 cm³/sec, débit liquide : 0,010 et 0,015 cm³/sec (mélange glycérine 50 % et alcool isobutylique). Suivant la technique de Haüsser et Strobl [3] devenue classique, nous avons exposé la lamelle de verre D recouverte d'une mince couche d'huile

(*) Séance du 8 mai 1950.

(1) Toutes nos notations sont celles de Brun, Caron et Vasseur (*Rapport Technique*, **15**, *G. R. A.*, 1945).

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 218.

(3) *Zeits. Techn. Phys.*, **4**, 1924, p. 154.

de ricin dans le courant de brouillard (à la distance d'un mètre environ sur l'axe du col de la tuyère). La vitesse relative du vent vis-à-vis de la plaquette était de 2,2 m/sec et 3,8 m/sec dans les deux types d'écoulement utilisés. Une double série de prélèvements pour chaque type de brouillard a donné après examen microscopique ($\times 200$) le nombre moyen de particules contenues dans l'unité de volume pour chaque catégorie de micro-gouttelettes. Nous avons repris ensuite la même analyse dans des conditions identiques d'écoulement avec une couche uniforme de vaseline blanche sur la plaquette de verre. C'est la méthode recommandée par Houghton et Radford ([4]) pour éviter les inconvénients du glissement de l'huile de long de la plaque, mais il faut réduire le diamètre observé dans le rapport 0,8 pour tenir compte de la déformation due au contact entre goutte et plaque.

Enfin, toujours dans les mêmes conditions expérimentales, nous avons employé la technique de captation sur microfils de plexigum de Brun, Demon et Vasseur ([5]).

Vitesse relative du vent et de l'obstacle.	N = nombre de particules au centimètre cube.	Méthode Häusser-Strobl sans γ.	Méthode Häusser-Strobl avec γ.	Méthode Houghton-Radford sans γ.	Méthode Houghton-Radford avec γ.	Méthode de Brun, Demon et Vasseur.
$U_0 = 2,2$ m/sec...	$\leq 5\,\mu$	26	1300	4	200	6205
	$5 \leq d \leq 10$	22	330	23	349	335
	$10 \leq d \leq 20$	12	72	22	132	171
	$20 \leq d \leq 30$	4	10	7	18	24
	$30 \leq d \leq 40$	1	2	3	5	8
	$40 \leq d \leq 50$	–	–	–	–	–
Total		65	1714	59	704	6743
$U_0 = 3,8$ m/sec...	$\leq 5\,\mu$	27	965	5	178	8763
	$5 \leq d \leq 10$	26	282	19	206	264
	$10 \leq d \leq 20$	17	65	23	138	54
	$20 \leq d \leq 30$	1	2	10	25	9
	$30 \leq d \leq 40$	–	–	8	14	–
	$40 \leq d \leq 50$	–	–	–	–	–
Total		71	1314	65	561	9090

Nos résultats rassemblés dans le tableau montrent que les méthodes d'impact sur plaque sont loin de donner un ordre exact du nombre de particules contenues dans 1^{cm^3} d'aérosol malgré la correction effectuée avec les courbes de rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$. Nous pensons que l'écart important subsistant encore après correction peut s'expliquer par l'imprécision des méthodes

([4]) *Papers in physic Ocean and Meteor. Mass. Inst. of Techn.*, 1938.

([5]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1518.

de comptage sur lame (⁶) et par les changements de direction des particules de masses différentes dont les trajectoires se rencontrent avant l'obstacle (⁷). L'interpénétration des trajectoires particulaires diminue en effet le taux de captation surtout pour les corpuscules de faible inertie. Ceci explique pourquoi malgré l'augmentation de U_0(2,2 m/sec. à 3,8 m/sec.), il n'a pas été possible de constater une augmentation de N en accord avec les courbes de rendement de captation $\gamma = \Phi(d)$.

En résumé, notre travail montre que le fluide particulaire fictif (⁸), dont l'équation de continuité s'écrit $\operatorname{div} \chi \vec{U} = 0$, possède de nombreuses lignes de courant qui s'entrecroisent et créent ainsi des perturbations dans la captation des petites particules. Le phénomène est d'autant plus marqué que la vitesse $\vec{U}$ est plus grande et que le diamètre d des corpuscules est plus faible. Aucune correction ne semble donc possible pour calculer N à partir des techniques d'impact sur lame et seule la méthode de Brun, Demon et Vasseur peut fournir un résultat approché correct.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Extension de la méthode de Küssner aux profils épais.* Note de MM. **Jean-Marie Souriau** et **Jérôme Chastenet de Géry**, présentée par M. Maurice Roy.

On connaît la méthode de Küssner (¹), complétée par Schwarz, qui permet d'étudier les modifications apportées à l'écoulement d'un fluide parfait et incompressible autour d'un profil plat, par de petites vibrations du profil.

Nous indiquons ici un procédé qui permet d'étendre la méthode précédente à un profil d'épaisseur quelconque autour duquel on connaît l'écoulement permanent.

L'écoulement plan et irrotationnel d'un fluide parfait et incompressible autour d'un profil du plan (x, y) est régi par l'équation de Laplace

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2},$$

$\varphi(x, y, t)$ étant le potentiel des vitesses.

(⁶) Signalons, entre autres, pour l'observation des lames d'huile les agglomérations de fines gouttelettes dues aux phénomènes de tensio-activité et pour l'observation sur lame vaselinée l'évaporation très rapide des gouttes inférieures à 5μ.

(⁷) Les particules d'aérosol portent en général une charge de même signe et l'approche de deux d'entre elles, de masse différente, peut provoquer un changement des trajectoires qu'il y ait agglutination ou non.

(⁸) Ce fluide fictif est caractérisé en un point M par sa vitesse $\vec{U}$ et sa masse spécifique χ, ses lignes de courant sont confondues avec les trajectoires des corpuscules (*Rap. Techn.*, 15, G. R. A., 1945).

(¹) *Oscillations d'ailes d'avions*, Luftfahrtforschung, 1929.

Appelons φ_0 le potentiel des vitesses du régime permanent et ψ_0 la fonction harmonique associée à φ_0 et qui s'annule sur le profil.

Nous allons écrire les équations du mouvement et les conditions aux limites dans le cas général, en prenant comme variables de position les fonctions φ_0 et ψ_0 du mouvement permanent. Ceci revient à faire une application conforme de la région du plan (x, y) extérieure au profil, sur le plan (φ_0, ψ_0) privé d'un segment de l'axe des φ_0.

L'équation $\Delta\varphi = 0$ devient alors

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \varphi_0^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \psi_0^2} = 0.$$

Nous prendrons l'équation du profil en vibration sous la forme $\psi_0 = F(\varphi_0, t)$, la fonction F ayant deux déterminations distinctes pour les deux faces du profil.

La condition de glissement du fluide sur le profil s'écrit alors

$$\frac{\dfrac{\partial \varphi}{\partial x} - \dfrac{\partial x}{\partial \psi_0} F'_t}{\dfrac{\partial x}{\partial \varphi_0} + \dfrac{\partial x}{\partial \psi_0} F'_{\varphi_0}} = \frac{\dfrac{\partial \varphi}{\partial y} - \dfrac{\partial y}{\partial \psi_0} F'_t}{\dfrac{\partial y}{\partial \varphi_0} + \dfrac{\partial y}{\partial \psi_0} F'_{\varphi_0}}$$

ou encore en tenant compte des conditions de Cauchy

$$K^2 F'_t + \frac{\partial \varphi}{\partial \varphi_0} F'_{\varphi_0} - \frac{\partial \varphi}{\partial \psi_0} = 0,$$

en posant

$$K^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial \varphi_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi_0}\right)^2.$$

Pour chercher les mouvements voisins du mouvement permanent défini plus haut nous poserons

$$\varphi = \varphi_0 + \varepsilon \varphi_1(\varphi_0, \psi_0, t), \qquad F = \varepsilon F_1(\varphi_0, t),$$

ε étant une petite quantité dont nous négligerons le carré.

La condition de glissement devient alors

$$\boxed{\varepsilon \frac{\partial \varphi_1}{\partial \psi_0}(\varphi_0, 0, t) = K^2(\varphi_0, 0) . \varepsilon [F_1]'_t(\varphi_0, t) + \varepsilon [F_1]'_{\varphi_0}(\varphi_0, t),}$$

tandis que l'on a encore dans le plan (φ_0, ψ_0) $\boxed{\Delta\varphi_1 = 0}$.

On est donc ramené au problème de Küssner pour un fluide fictif du plan (φ_0, ψ_0) ayant un potentiel des vitesses $\varphi_0 + \varepsilon\varphi_1$ harmonique, la composante normale $\varepsilon(\partial\varphi_1/\partial\psi_0)$ de la vitesse sur les faces du profil (qui cette fois est plat) étant connue. La formule ci-dessus la donne en effet en fonction de la transformation conforme considérée et de la fonction εF_1 définissant les vibrations du profil.

La méthode de Küssner (¹) permet alors de calculer $\varepsilon\varphi_1$.

La pression additionnelle sur le profil ayant pour expression

$$-\rho\left[\varepsilon\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}(\varphi_0,\,0,\,t)+\varepsilon\frac{\partial\varphi_1}{\partial\varphi_0}(\varphi_0,\,0,\,t)\frac{1}{K^2(\varphi_0,0)}-\varepsilon[F_1]'_{\varphi_0}\frac{\frac{\partial K^2}{\partial\psi_0}}{2K^4}\right]$$

on obtiendra par intégration les efforts aérodynamiques sur le profil.

La méthode que nous venons d'exposer permet aussi d'étudier les écoulements permanents autour d'un profil quelconque voisin d'un profil connu (Joukowski, von Mises, etc.).

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'onde de choc attachée lorsque la vitesse aval à la pointe de l'obstacle est subsonique.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

En faisant apparaître dans l'équation de l'onde de choc des termes non analytiques, on éclaire le rôle des nombres de Mach singuliers mis en évidence dans une Note précédente (¹).

Dans une Note précédente (¹) (N), dont je garde les notations, j'ai envisagé l'onde de choc attachée pour un obstacle symétrique présentant en O une pointe d'angle 2ψ. En prenant l'onde de choc sous la forme

$$x = y\cot\!g\,\overline{\beta} + a_{r+1}y^{r+1} + \ldots, \tag{1}$$

r étant l'ordre de la première dérivée de la courbure de l'obstacle, non nulle à la pointe et les lettres surlignées indiquant les valeurs au point O des quantités correspondantes, j'ai constaté que cette solution ne paraît satisfaisante (sens de la concavité initiale de l'onde de choc) que pour $M > M_r(\psi)$. Dans le cas de l'obstacle rectiligne, $M_r(\psi)$ est remplacé par $M^*(\psi)$, nombre de Mach pour lequel la vitesse au sommet après le choc est exactement sonique.

Je vais montrer que l'on évite toute difficulté pour $M < M_r$ (ou $M < M^*$) en envisageant par une méthode différente des solutions où interviennent des exposants non entiers.

1. Nous considérons d'abord un obstacle terminé par un segment rectiligne OI. Les équations du mouvement sont les suivantes :

$$\rho q^2\frac{\partial\theta}{\partial s} = -\frac{\partial p}{\partial n}, \qquad \rho q^2\frac{\partial\theta}{\partial n} = \left(1-\frac{q^2}{a^2}\right)\frac{\partial p}{\partial s}. \tag{2}$$

La vitesse au point O est subsonique et nous nous plaçons au voisinage de ce point; nous supposons que, dans la région envisagée, les variations des

(*) Séance du 15 mai 1950.

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 923-925.

quantités p, q et a sont suffisamment faibles pour que l'on puisse considérer que les équations (2) forment un système à coefficients constants. Nous supposons aussi que la variation de θ est faible. Les coordonnées intrinsèques peuvent alors être confondues avec un système de coordonnées cartésiennes s, n d'origine O. Avec ces hypothèses, la solution générale du système (2) est la suivante :

$$(3) \qquad \theta = \bar{\theta} + \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} Q, \qquad p = \bar{p} + \bar{\rho}\,\bar{q}^2 P,$$

P et Q désignent la partie réelle et la partie imaginaire d'une fonction arbitraire $F(\zeta)$ de la variable complexe $\zeta = s\left[1 - (\bar{q}^2/\bar{a}^2)\right]^{-1/2} + in$. La fonction $F(\zeta)$ est déterminée par les conditions aux limites sur l'obstacle, et sur l'onde de choc. En posant $\zeta = re^{i\omega}$, ces conditions s'énoncent de la façon suivante :

1° $\qquad Q = 0 \quad$ pour $\quad \omega = 0$;

2° $\quad P = g_0(M, \bar{\theta})\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{-1} d\beta, \quad Q = f_0(M, \bar{\theta})\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{-\frac{1}{2}} d\beta \quad$ pour $\quad \omega = \varphi$,

avec

$$\operatorname{tg}\varphi = \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} \operatorname{tg}(\bar{\beta} - \bar{\theta}).$$

Il est possible de satisfaire toutes ces conditions à l'aide d'une fonction de la forme suivante : $F_1'(\zeta) = B_1\zeta^m + \ldots$. La condition sur l'obstacle exige que la constante B_1 soit réelle, tandis que les conditions sur l'onde de choc déterminent l'exposant m et la quantité $d\beta$:

$$\operatorname{tg} m\varphi = \left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{f_0(M, \bar{\theta})}{g_0'(M, \bar{\theta})}, \qquad d\beta = \frac{B_1}{f_0}\left(1 - \frac{\bar{q}^2}{\bar{a}^2}\right)^{\frac{1}{2}} r^m \sin m\varphi.$$

On démontre les résultats suivants : lorsque le nombre de Mach amont M croît de la valeur $M_0(\psi)$ jusqu'à la valeur $M^*(\psi)$, l'exposant m croît de zéro jusqu'à l'infini; les valeurs de M pour lesquelles m est un nombre entier sont précisément les nombres $M_1(\psi)$, $M_2(\psi)$, ..., $M_r(\psi)$, ... obtenus par des considérations différentes dans la Note (N). L'onde de choc au voisinage du point O est représentée par le développement

$$(4) \qquad x = y \operatorname{cotg}\bar{\beta} + A_1 y^{1+m} + \ldots.$$

La détermination approchée du coeffieient A_1 montre que ce coefficient est positif, de sorte que la relation (4) donne un ordre de choc convexe vers l'amont.

Pour la solution (3), on justifie *a posteriori* les approximations que l'on a faites pour résoudre le système (2).

2. Dans le cas d'un obstacle admettant en son sommet un rayon de courbure fini, non nul, il convient de prendre $F(\zeta) = F_1(\zeta) + F_2(\zeta)$, avec $F_2(\zeta) = B_2\zeta + \ldots$ et l'équation cartésienne de l'onde de choc sera de la forme

$$x = y \operatorname{cotg} \overline{\beta} + A_1 y^{1+m} + \ldots + A_2 y^2 + \ldots \tag{5}$$

D'après les résultats obtenus précédemment sur la variation de m, pour $M < M_1(\psi)$, c'est le terme non analytique qui est prépondérant et l'onde de choc possède au point O un rayon de courbure nul; pour $M > M_1(\psi)$ c'est le terme en y^2 qui est principal et en calculant le rayon de courbure de l'onde de choc au point O, on retrouve l'expression obtenue dans la Note (N).

On traite d'une façon analogue le cas d'un obstacle dont la courbure et les r premières dérivées de la courbure par rapport à l'abscisse curviligne sont nulles au point O. Le terme non analytique reste prépondérant aussi longtemps que $M < M_r(\psi)$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Une explication d'un point resté énigmatique dans les expériences de R. Lennuier.* Note (*) de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On admet que l'émission de la fréquence de résonance ν_0 sous l'excitation d'une fréquence ν_1 voisine, mais distincte, est l'aspect secondaire d'un effet Raman atomique, au sens généralisé de Feynman; on explique les intensités comparables de la raie ν_0 pour les deux signes de $\nu_2 = \nu_0 - \nu_1$ par la superquantification des ondes ν_2 et le grand nombre des photons thermiques ν_2.

R. Lennuier a montré par la théorie et l'expérience qu'une raie de résonance atomique $\nu_0 = \nu_B - \nu_A$ est excitée, en même temps que la raie Rayleigh, par une radiation incidente ν_1 voisine, mais spectralement distincte; il a établi aussi que, tandis que la durée de la transition Rayleigh est de l'ordre de $|\nu_0 - \nu_1|^{-1}$, en accord avec la quatrième relation d'incertitude, celle de la transition de résonance est la vie naturelle de la raie ν_0; ceci l'a incliné à concevoir le second processus comme double, formé de la transition $\nu_A \rightarrow \nu_B$ induite par le rayonnement ν_1, puis de la transition $\nu_B \rightarrow \nu_A$ émettant la raie ν_0 (1). La théorie quantique, en tout cas, se voit obligée d'écarter le paradoxe d'un *défaut systématique à la conservation de l'énergie* $h(\nu_0 - \nu_1)$ se répétant sur tous les processus individuels. Pour ce faire, une idée naturelle dans le cas $\nu_1 > \nu_0$ est d'assimiler le processus primaire de Lennuier à une diffusion Raman où la fréquence, très basse et inobservée, $\nu_1 - \nu_0$ serait émise lors de la transition $\nu_A \rightarrow \nu_B$ (2); alors, dans le cas symétrique $\nu_1 < \nu_0$, il devrait y avoir

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 233-332.

(2) Nous croyons nous souvenir que M. le Professeur F. Perrin avait proposé cette idée à la soutenance de thèse de M. R. Lennuier.

absorption de la fréquence très basse $\nu_0 - \nu_1$, laquelle devrait être présente dans le rayonnement thermique avec l'intensité suffisante ([3]); nous nous proposons ici de montrer que ce principe d'explication de l'effet découvert par Lennuier est satisfaisant.

Considérons, au sens de Feynman ([4]), l'*effet Raman généralisé*

(1) $$\nu_1 + \nu_2 = \nu_0, \qquad \nu_0 = \nu_B - \nu_A,$$

où la transition atomique $\nu_A \to \nu_B$ met en jeu deux photons ν_1 et ν_2; suivant que ν_1 et ν_2 ont des signes contraires ou semblables, il s'agit d'un véritable effet Raman ou d'une double absorption ou émission. La formule classique de l'effet Raman atomique ([5]) est insensible aux signes relatifs de ν_1 et ν_2, et peut être écrite sous la forme superquantifiée

(2) $$n_1 \left\{ \iiiint_{\Omega} P_{12}\, \delta\omega \right\} n_2, \qquad \Omega = VT;$$

cette expression représente la probabilité de la transition d'onde plane polarisée photonique n_1, q_1, $e_1 \to n_2$, q_2, e_2 lors de la transition atomique $\nu_A \to \nu_B$, dans le volume V et le temps T; il faut remarquer que les nombres n sont attachés non seulement à une onde q, e, *mais aussi à une cellule* h^4 *de l'extension en phase*; en effet, si l'on sait simplement d'un photon qu'il a été émis ou absorbé dans le volume V et le temps T, son impulsion-énergie postérieure ou antérieure est affectée des incertitudes correspondantes de Heisenberg.

Soit alors $\bar{n}(\Theta, \nu)$ le nombre moyen de photons présents sur la fréquence ν et dans une cellule h^4 ([6]) à la température absolue Θ sur une onde plane polarisée du rayonnement isotrope d'équilibre thermique; pour deux valeurs opposées de la fréquence ν_2, les coefficients n_2 seront dans le rapport $1 + 1/\bar{n}$, avec

(3) $$\bar{n} = \left(\exp \frac{h\nu}{k\Theta} - 1 \right)^{-1}.$$

([3]) Cette suggestion nous fut faite, alors que nous y songions nous-même, par M. le Professeur J. A. Wheeler.

([4]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 769-789; *voir* aussi notre Note aux *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1637.

([5]) W. Heitler, *The quantum theory of radiation*, 2e édit., Oxford, 1950, p. 132; L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire du photon*, 2, Paris, 1942, p. 104.

([6]) P désignant un domaine de l'espace des impulsions, VP/h^3 représente, on le sait, le nombre des états distincts dans le volume V; par ailleurs, TW/h représentant visiblement un nombre de transitions d'annihilation ou de création discernables dans la durée T, l'expression $\Omega\Phi/h^4$ ($\Omega = VT$, $\Phi = PW$) représente le nombre total des transitions d'annihilation ou de création photoniques distinctes dans le volume V et le temps T; ainsi se confirme le fait que, lorsqu'on passe de la considération des *états* à celle des *transitions*, les intégrales triples du genre espace sont remplacées par des intégrales quadruples d'Univers; cette remarque nous paraît avoir de l'intérêt pour le problème de la réconciliation des formalismes relativiste et quantique.

Dans les expériences de Lennuier, les ν_2 sont de l'ordre de 1 à 4.10^9 sec^{-1}, et les intensités de la raie de résonance ν_0 sont tout à fait comparables pour des valeurs opposées de ν_2; comme, dans ces conditions, pour $\Theta = 300°$K, $n_2 = \bar{n}$ a des valeurs de l'ordre de 1600 à 6400, nous pensons pouvoir conclure que les traits principaux de l'effet Lennuier s'expliquent par la théorie superquantifiée d'un effet Raman atomique (généralisé au sens de Feynman) et par la prise en considération des photons thermiques (7); remarquons que même à des températures très basses, le rapport $1/\bar{n}$ resterait très petit, et qu'il est impossible de l'augmenter en écartant ν_1 de ν_0, car alors l'ensemble du phénomène disparaît. Mais une autre vérification semble possible : on pourrait d'abord limiter le nombre des vibrations propres, donc le nombre *total* des photons attachés à la fréquence ν_2, en enfermant tout le dispositif dans une cavité résonante accordée sur cette fréquence hertzienne décimétrique; ensuite, on pourrait exciter la fréquence ν_2 et vérifier que l'intensité de la raie diffusée ν_0 augmente avec l'intensité d'excitation.

ASTRONOMIE. — *Enregistrement de profils lunaires.*
Note de M. **Théophile Weimer**, présentée par M. André Danjon.

Loin d'avoir une forme géométrique simple, le contour de notre satellite présente, au contraire, de nombreuses aspérités. Une description détaillée de ces aspérités serait très utile pour améliorer les résultats déduits des observations d'occultations d'étoiles par la Lune.

Mais le profil lunaire n'est pas quelque chose d'immuable; son aspect varie constamment en raison du phénomène de la libration. Il s'agit dès lors d'obtenir des profils correspondant à diverses valeurs de la libration.

Dans la collection de clichés pris par Lœwy et Puiseux au grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris, nous trouvons les matériaux nécessaires à ce travail. Des mesures micrométriques faites sur ces clichés permettraient le tracé de contours. Cette manière de procéder serait longue et exposerait à des erreurs (lecture du micromètre, transcription des chiffres). Pour aboutir rapidement et sûrement, il est préférable d'avoir recours à une méthode d'enregistrement.

L'utilisation d'une cellule photoélectrique soulève des problèmes délicats. En effet, la variation de l'intensité d'un mince faisceau de lumière explorant le bord de l'image lunaire ne traduit fidèlement les irrégularités de ce bord, que si celui-ci constitue une frontière entre une plage uniformément sombre et une autre uniformément claire. Or, ce n'est pas le cas pour les clichés de la

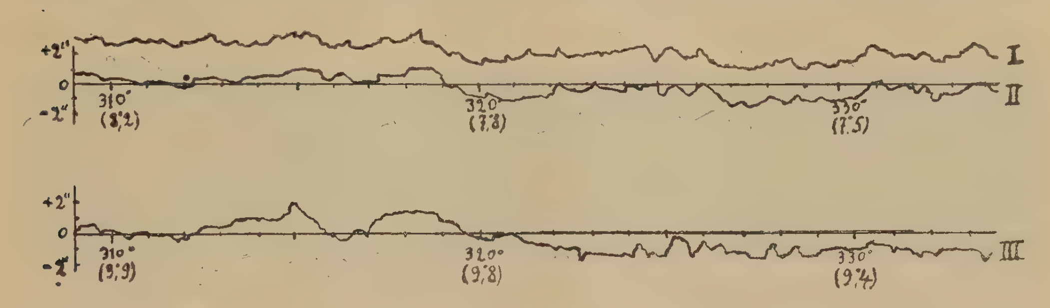
---

(7) Un autre exemple de la présente correspondance entre la superquantification et la statistique des photons thermiques se trouve dans L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire du photon*, 1, Paris, 1940, p. 273-278.

Lune : de petites taches sombres ou claires (mers ou cratères) se trouvent très près du bord, et donneraient sur un enregistrement photoélectrique des dénivellations factices.

Voici la méthode, purement visuelle (il serait très facile de la transformer en méthode photographique), que nous avons utilisée. Elle constitue une application de la chambre claire.

Des mesures préliminaires nous fournissent le centre de l'image de la Lune. Le cliché est assujetti à tourner dans son plan autour d'un axe vertical passant par ce centre. Ce mouvement commande la rotation d'un petit cylindre autour d'un axe horizontal. Le cylindre, qui est muni de petites pointes, fait avancer



une bande de papier. L'avance est de 5^{mm} lorsque le cliché tourne de 1°. Un microscope coudé, muni de la chambre claire, permet de voir simultanément le papier et l'image du bord de la Lune. Il suffit dès lors, de faire tourner la plaque et de maintenir la pointe d'un crayon, astreint à décrire la génératrice supérieure du petit cylindre, en contact avec l'image du bord pour obtenir le tracé de ses dénivellations. L'ensemble est évidemment réglé pour que l'image d'un rayon du disque lunaire coïncide avec l'image de la génératrice supérieure du cylindre.

Nous présentons ci-contre trois enregistrements obtenus dans ces conditions :

I. Cliché du 10 décembre 1894 : $l = -5°,972$, $a = -4°,913$ (l, libration en longitude; b, libration en latitude).

II. Même cliché, enregistrement obtenu 24 heures après le I.

III. Cliché du 4 mars 1895 : $l = -7°,164$, $b = -6°,433$.

Les coordonnées sélénographiques P et D telles qu'elles sont définies par Hayn (¹) sont données : P, par la graduation sur l'axe des abscisses; D, par le chiffre entre parenthèses. Les ordonnées donnent les dénivellations par rapport à un contour moyen : 2^{mm} correspondent à $1''$, soit environ 2^{km} sur la Lune.

Les tracés I et II présentent un parallélisme bien marqué, ce qui prouve la stabilité de notre appareil. Mais les fines indentations sont différentes sur I et II; elles n'ont pas d'existence réelle, mais elles donnent une indication sur la précision des tracés.

(¹) Selen. Koord. III, IV *Abh. König. Sächs. Gesellschaft der Wissen.*, Leipzig.

La comparaison des graphiques II et III est plus instructive. Malgré des librations sensiblement différentes pour ces deux clichés, nous retrouvons la même allure générale et certains accidents caractéristiques. Le détail et la hauteur des aspérités sont évidemment différents. Pas assez cependant pour interdire l'interpolation pour des valeurs intermédiaires de la libration.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de la Nova Lacertæ* 1950. Note (*) de Mlles **Marcelle Barbière**, **Yvette Ribelaygue**, MM. **Georges Courtès** et **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons commencé à observer cette nova (1) à l'Observatoire de Haute Provence, peu après sa découverte.

Nous donnons ici les résultats préliminaires d'une étude de spectres à faible dispersion, obtenus, pour une bonne part, avec la collaboration technique de M. Mévolhon.

Notre premier spectre du 27 janvier $19^h 15^m$ TU, montre les raies H, NaI, FeII, TiII, CaI, OI. Ces raies ont une structure relativement simple, une émission très peu déplacée, et bordée vers le violet par une forte absorption (I) dont la vitesse est de — 865 km/sec.

Les spectres des jours suivants, mieux exposés, permettent d'identifier aussi les éléments ScII, CrII, VII, CaII, SrII; tous ces éléments correspondent à des potentiels d'ionisation inférieurs à 17 V.

La structure des raies a souvent varié du 28 janvier au 2 février. On observe en plus du système I les deux systèmes — 1230 km/sec (II) et — 1440 km/sec (III). Le 7 février, après une interruption des observations, nous trouvons une structure très différente, deux systèmes déplacés de — 1060 km/sec et — 1770 km/sec, le 6 mars, on observe deux systèmes à — 1240 (II) et à — 2080 km/sec.

On observe les variations régulières suivantes :

Les raies D de NaI disparaissent graduellement et sont très faibles au milieu de février. Les raies des métaux ionisés FeII, TiII, etc. diminuent régulièrement d'intensité et au milieu de mars, seules les fortes raies de Fe II sont encore visibles.

Les raies rouges de [OI] 6300 et 6363 Å sont à peine soupçonnables le 27 janvier et apparaissent légèrement sur nos spectres du 28 janvier; elles sont très nettes actuellement (7 mai).

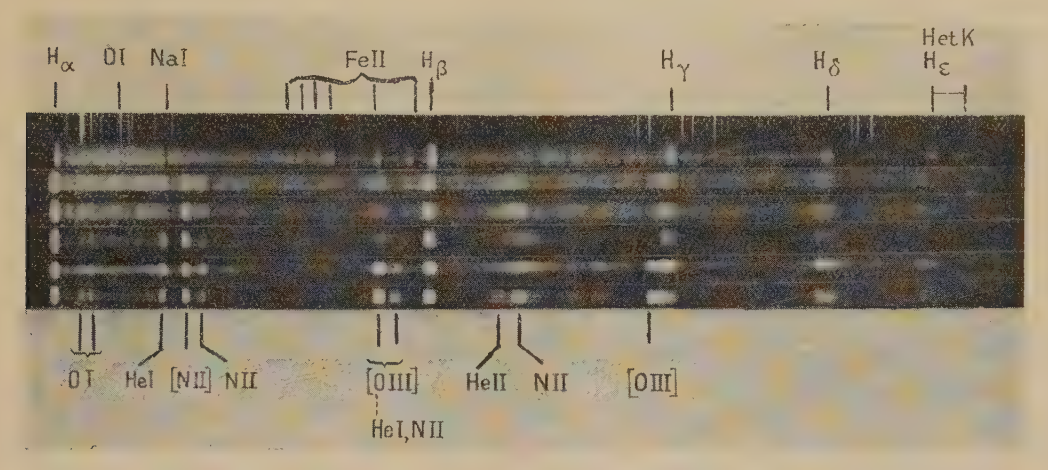
La raie verte de [OI] 5577 Å invisible le 27 janvier, passe par un maximum vers le 17 février et disparaît au début de mars.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) Ch. Bertaud, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 622.

La raie 5 740 Å de [NII] apparaît faiblement le 7 février et augmente progressivement d'intensité pour devenir une des raies les plus fortes du spectre, en même temps apparaissent de nombreuses raies de NII et OII, notamment le groupe intense vers 4 640 Å.

Au début d'avril, les trois raies 5 007, 4 959, 4 363 Å de [OIII] sont très nettes, mais la raie 5 007 est beaucoup plus forte que les deux autres, nous pensons qu'elle est mélangée avec les raies 5 015 de HeI et 5 001 et 5 025 de NII. D'ailleurs un spectre du 15 mars avait déjà montré les raies de [OIII].



Spectres des 27 janvier, 6 mars, 13 mars, 14 mars, 8 avril et 29 avril 1950.

Les variations les plus intéressantes sont celles de HeI. Cet élément apparaît nettement en absorption sur nos spectres du 7 février et subsiste sans changement notable jusqu'à la fin de février, mais notre spectre du 1er mars montre une forte émission vers 5 875 Å qui, encore observable le 2 mars, a complètement disparu le 6 mars. A cette date l'hélium réapparaît fortement en absorption.

Ces fluctuations continuent dans la suite, la raie 5875 de He réapparaît en émission le 9 juin, le 14 et le 15 mars et enfin à partir du 6 avril. Dans l'intervalle, le spectre de He est en absorption le 13 mars, puis du 22 au 25 mars.

Cette variation extrêmement importante du spectre et qui est très visible sur nos spectres ne se limite pas à la raie 5875 de HeI; en effet lorsque cette raie existe en émission on constate la présence de la raie 5679 de NII et le groupe 4640 est très fortement développé et sans absorption vers le violet (spectre du 14 mars). Au contraire, lorsque l'hélium apparaît en absorption, toutes les raies d'absorption sont bien développées et le système 4640 présente deux systèmes d'absorption : l'un très peu déplacé, l'autre fortement déplacé vers le violet ($V = -740$ km/sec).

Ces variations sont en relation certaine avec les fluctuations d'éclat de

l'étoile. Les émissions des 1, 2 mars; 9 mars; 14 et 15 mars et 6 avril correspondent à des minima secondaires; les absorptions des 6-8 mars; 13 mars et du 22-25 mars correspondent à des maxima secondaires.

Le 29 avril, apparaît une raie large vers 4685 Å que nous attribuons à He II.

Les raies interstellaires de Ca II et Na I ont été bien observées dans les clichés du début suffisamment posés, mais les vitesses radiales ne sont pas très bonnes. Nous pensons que les absorptions stellaires les perturbent. La moyenne de nos mesures est — 32,0 ± 5 km/sec.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la quantification du champ métrique et les interactions particules-champs.* IV. *Application au spectre de l'hydrogène.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

En introduisant dans les équations relativistes de l'électron les potentiels quantifiés déduits précédemment, on montre que la structure hyperfine du spectre peut être attribuée à l'interaction de l'électron avec les champs propres non coulombiens du proton.

Nous allons essayer d'expliquer la structure hyperfine du spectre de l'hydrogène en introduisant les potentiels trouvés précédemment [1] dans les équations de Dirac. Pour des ondes monochromatiques dans un champ électrique pur, ces équations [2] s'écrivent

$$(1)\qquad \left[\frac{1}{c}(\mathrm{W}+\varepsilon\mathrm{V})-\frac{h}{2\pi i}\sum_{1}^{3}\alpha^{j}\frac{\partial}{\partial x^{j}}+\alpha_4 m_0 c\right]\psi_k=0 \qquad (k=1, 2, 2, 4),$$

ε étant la charge et $\mathrm{W}\equiv\mathrm{E}+m_0c^2$ l'énergie de l'électron. Pour un ensemble de valeurs des quatre nombres quantiques qui déterminent les ψ_k, l'état correspondant du système électron-proton peut appartenir à l'une quelconque des trois classes définies précédemment [1], de sorte que, d'accord avec les résultats de la Note III, le potentiel quantifié V_m qu'il faut utiliser dans (1) a la forme

$$(2)\qquad \mathrm{V}_m=\frac{\varepsilon}{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r}+k_{2m}e^{-\eta_2 r}+k_{3m}).$$

[Remarquons d'une part que m symbolise ici l'ensemble des 4 nombres quantiques et d'autre part que V_m, n'étant pas une grandeur observable $\langle \mathrm{V}\rangle$, ne reste pas nécessairement fini pour $r\to 0$. Nous poserons d'ailleurs $k_{1m}+k_{2m}+k_{3m}=1$, condition compatible avec les conditions fondamentales (*cf.* III) $\sum_l\sum_m c_{lm}^2\equiv 1$ et $\sum_l\sum_m c_{lm}^2 k_{lm}=0$].

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 278, 434, 1740; Prière de se reporter à ces Notes pour la bibliographie et les notations.

(2) *Cf.* L. de Broglie, *L'électron magnétique*. Nous suivons autant que possible le Chapitre XVII de cet Ouvrage.

Posons

$$(3)\qquad A^2=\frac{2\pi}{h}\left(m_0c+\frac{W}{c}\right),\qquad B^2=\frac{2\pi}{h}\left(m_0c-\frac{W}{c}\right),\qquad \alpha=\frac{2\pi\varepsilon^2}{ch},$$

et admettons, comme dans le cas coulombien ([2]), que ψ est le produit d'une fonction sphérique de Laplace par une fonction de r. Les parties radiales F et G des ψ_k satisfont alors ([2]) aux équations ([3])

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned}&\left[A^2-\frac{\alpha}{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r}+k_{2m}e^{-\eta_2 r}+k_{3m})\right]F+\frac{dG}{dr}-\frac{l}{r}G=0,\\ &\left[B^2+\frac{\alpha}{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r}+k_{2m}e^{-\eta_2 r}+k_{3m})\right]G+\frac{dF}{dr}+\frac{l+2}{r}F=0,\end{aligned}\right.$$

lorsque le nombre quantique j est de la forme $l+(1/2)$. [Pour $j=l-(1/2)$ les équations correspondantes s'obtiennent en changeant l en $-(l+1)$]. Posons d'une part

$$F=e^{-ABr}\sum a_s r^{\gamma+s},\qquad G=e^{-ABr}\sum b_s r^{\gamma+s},$$

et d'autre part

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned}&\theta_{mp}^{(a)}=\frac{1}{a_p}\sum_{\mu=0}^{p}\frac{(-1)^{p-\mu}}{(p-\mu)!}a_\mu\left(k_{1m}\eta_1^{p-\mu}+k_{2m}\eta_2^{p-\mu}+k_{3m}\delta_{p\mu}\right),\\ &\theta_{mp}^{(b)}=\frac{1}{b_p}\sum_{\mu=0}^{p}\frac{(-1)^{p-\mu}}{(p-\mu)!}b_\mu\left(k_{1m}\eta_1^{p-\mu}+k_{2m}\eta_2^{p-\mu}+k_{3m}\delta_{p\mu}\right),\end{aligned}\right.$$

p étant la valeur de s telle que $a_s=b_s=0$ pour $s>p$ (afin que F et G restent finis pour $r\to\infty$). En développant les exponentielles de (4), un calcul analogue au calcul du cas coulombien ([2]), conduit à la formule suivante des niveaux d'énergie

$$(6)\qquad \frac{E}{m_0c^2}\left(\frac{\theta_{mp}^{(a)}+\theta_{mp}^{(b)}}{2}\right)=\left[1+\frac{\alpha^2}{\left[p+\sqrt{\left(j+\frac{1}{2}\right)^2-\alpha^2}\right]^2}\right]^{-\frac{1}{2}}=\frac{E_c}{m_0c^2},$$

en désignant par E_c les niveaux d'énergie dans le cas coulombien et en tenant compte de la condition $\theta_{mp}^{(a)}\simeq\theta_{mp}^{(b)}\simeq 1$. On voit donc que la structure hyperfine peut être traitée comme une petite perturbation de l'énergie propre de l'électron due à son interaction avec les champs propres non coulombiens du proton. Par une transformation $x^i\to\bar{x}^i$ telle que $\partial\bar{x}^4/\partial x^4=r/\bar{r}(k_{1m}e^{-\eta_1 r}+k_{2m}e^{-\eta_2 r}+k_{3m})$, les équations (1) deviennent

$$(7)\qquad \left[\frac{1}{c}\left(W+\frac{\varepsilon}{r}\right)+\vec{\alpha}.\left(\frac{\varepsilon}{c}\vec{\Lambda}-\frac{h}{2\pi i}\nabla\right)+\alpha_4 m_0 c\right]\bar{\psi}_k=0,$$

([3]) Il ne faut pas confondre l'entier $l=0, 1, 2, \ldots,$ dans les équations (4) avec l'indice $l=1, 2, 3$ utilisé dans les Notes antérieures.

avec $A^i = V_m \partial x^i / \partial x^4$. On peut donc prendre $(\varepsilon/c)\vec{\alpha}.\vec{A}$ comme hamiltonien d'interaction et appliquer à la détermination de $\theta_{mp}^{(a)} + \theta_{mp}^{(b)}$ les méthodes qui déterminent l'influence du rayonnement de l'électron sur son énergie propre ([4]). Les résultats numériques sont indépendants de l'origine de $\vec{A}$.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude spectrographique de la dissolution du phénanthrène dans l'azote, l'argon et l'hydrogène comprimés jusqu'à* 1200 kg/cm². Note (*) de MM. **Stéphane Robin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une précédente publication ([1]) nous avions rappelé l'attention sur la solubilité des solides dans les gaz comprimés [*cf.* ([2]), ([3])] en montrant que la concentration du phénanthrène contenu dans l'azote ou l'argon comprimés en présence du phénanthrène solide croît rapidement avec la pression.

Nous avons étudié quantitativement ce phénomène en évaluant les masses de phénanthrène à l'aide de la densité optique des bandes d'absorption ultraviolettes. L'azote et l'argon sont comprimés par réchauffement du gaz liquéfié; l'hydrogène, par refoulement de mercure. Les bombes d'absorption (longues de 0,5 à 400^{mm}) sont en acier inoxydable avec fenêtres en quartz montées par simple contact optique sur une embase métallique et les joints, en plomb ou en argent; toutes les pièces subissent un étuvage à 300° C avant assemblage. Dans ces conditions, l'azote et l'argon purs à 1200 kg/cm² et sous 400^{mm} sont transparents au-dessus de 2000 Å ([4]).

Notre mesure des concentrations repose sur la loi de Beer dont la validité est incontestable aux concentrations très faibles de nos solutions. Mais la densité optique d'une bande donnée ne donne pas directement la variation de la concentration avec la pression, car il faut tenir compte de l'effet spécifique de la pression sur l'intensité et la position de cette bande. Cet effet, déjà décrit ([1]), est donné par l'étude des solutions non saturées dont la concentration en grammes par centimètre cube est constante. Ces solutions sont réalisées en introduisant dans la bombe un cylindre de verre sur lequel est déposé, par évaporation d'une solution titrée dans l'éther de pétrole, une

---

([4]) *Cf.* N. M. Kroll et W. E. Lamb jr, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 388-398; J. B. French et V. F. Weisskopf, *ibid.*, 75, 1949, p. 1240-1248.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) B. Vodar et S. Robin, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 996.

([2]) M. P. Villard, *J. Phys.*, 5, 1896, p. 453.

([3]) G. M. A. Diepen, *Thèse*, Delft, Pays-Bas, 1947.

([4]) Initialement, les conditions de propreté n'étaient pas aussi parfaites, nous trouvions une absorption ultraviolette de l'azote ([5]) qui était due en réalité à la dissolution de traces infinitésimales de matières grasses.

([5]) S. Robin, B. Vodar et G. Philbert, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 495.

certaine masse de phénanthrène qui est de l'ordre de 10^{-6} g. Une vingtaine d'expériences avec des concentrations différentes conduisent à des courbes superposables à un facteur près ; la méthode employée donne une valeur de la solubilité à un facteur près ; la valeur absolue est fournie approximativement par la masse employée pour faire les solutions non saturées et aussi par la comparaison avec le spectre d'une solution de concentration connue dans le cyclohexane.

La figure 1 représente les variations à diverses températures de $\log_{10} m$, m étant la masse dissoute par centimètre cube de gaz comprimé, en fonction de la densité ρ des gaz solvants. Dans tous les cas étudiés, nous avons trouvé que

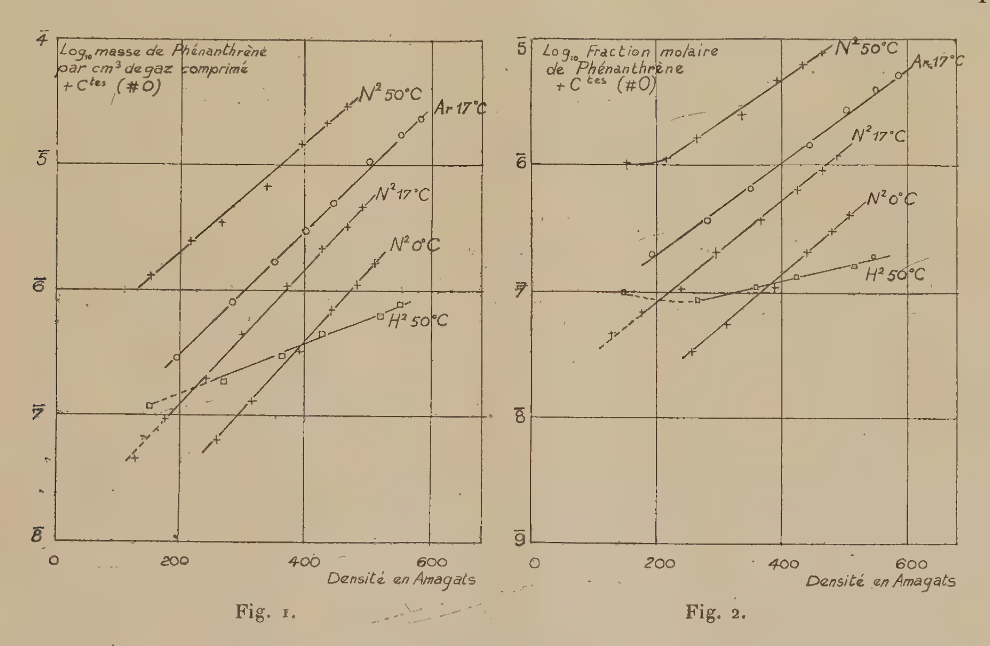


Fig. 1. Fig. 2.

ces variations sont linéaires dans la limite des erreurs. Celles-ci, en valeur relative, sont sensiblement indépendantes de m ; elles sont assez élevées (± 5 % environ). (Les constantes relatives à H_2 et Ar peuvent différer légèrement de celle relative à N_2 qui reste la même lorsque t varie).

La figure 2 donne les variations du $\log_{10}$ de la fraction molaire x en fonction de la densité. Vers les faibles pressions, on remarque cependant une courbe avec un minimum. L'existence d'un tel minimum aux basses pressions doit être générale car x tend vers 1 quand ρ tend vers zéro.

Donc, dans le domaine des densités étudiées, la relation m (ou x) et ρ pour un gaz donné est à peu près exponentielle

$$m = \text{const.}\,\rho^{n} e^{\alpha\rho} \quad \text{ou} \quad x = \text{const.}\,\rho^{n-1} e^{\alpha\rho}.$$

La précision des mesures ne permet pas de déterminer n, mais montre toutefois que sa valeur absolue est faible. Les résultats des travaux antérieurs sur

les systèmes $C_6H_6—N_2$ (6) et $I_2—CO_2$ (7), recalculés par nous, concordent à peu près avec la relation ci-dessus. Le fait que *m* dépend du gaz prouve que le phénomène observé ne saurait être dû uniquement à une variation de la tension de vapeur avec la pression suivant la relation de Poynting. Un essai d'interprétation sera donné ultérieurement.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de l'aimantation spontanée des ferrites de nickel, cobalt, fer et manganèse.* Note de M. **René Pauthenet**, présentée par M. Aimé Cotton.

La variation thermique de l'aimantation spontanée des ferrites a été peu étudiée jusqu'ici. Pour la variation complète, on ne possède que d'anciennes mesures de P. Weiss sur la magnétite (1). Aux basses températures et jusqu'à la température ordinaire, la magnétite a été reprise par P. Weiss et R. Forrer (2), tandis que Ch. Guillaud a étudié les ferrites de Mn et de Co (3) ainsi que les ferrites mixtes de nickel et de zinc (4). Afin d'éprouver la validité de la théorie du ferrimagnétisme proposée récemment par L. Néel (5), nous avons repris cette étude jusqu'au point de Curie pour un grand nombre de ferrites et cette Note donne les résultats obtenus pour la magnétite naturelle et les ferrites de Ni, Co et Mn, préparés par M. Bochirol.

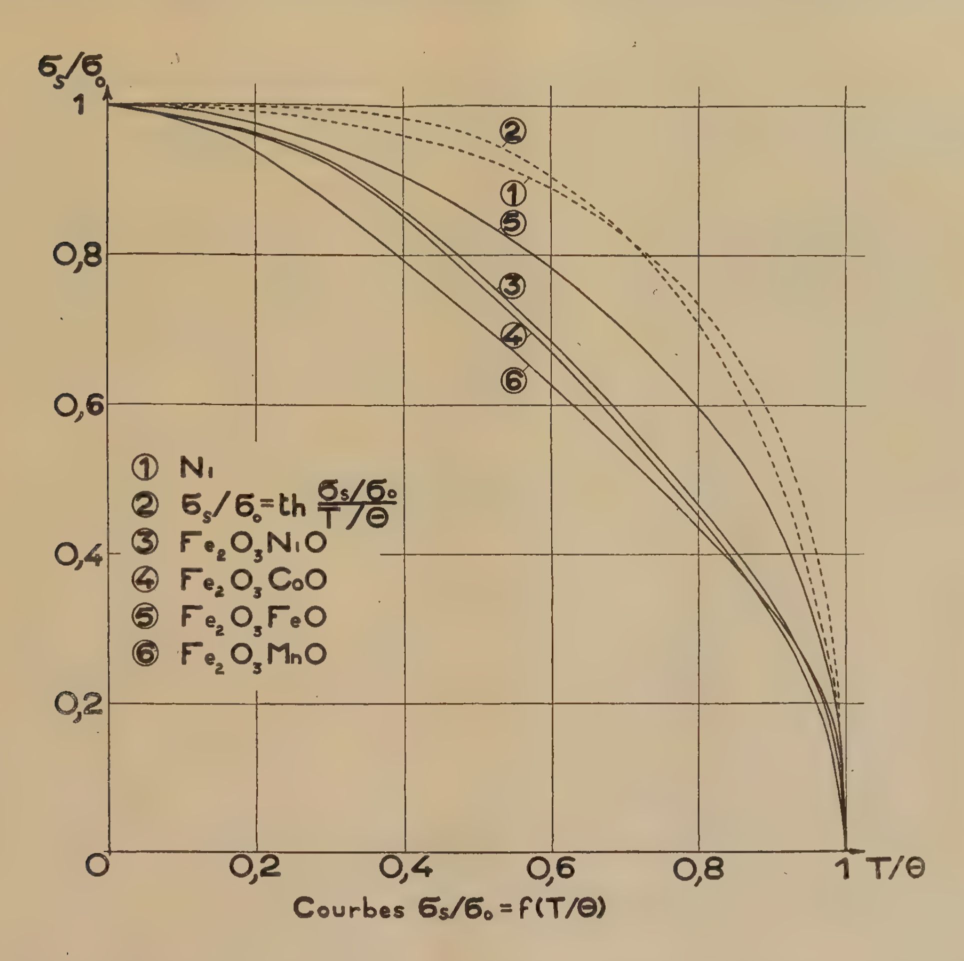
Les aimantations ont été mesurées par la méthode d'extraction axiale décrite par P. Weiss et R. Forrer (6), avec un champ maximum de 20 000 Œ et une correction maximum d'images magnétiques de 5,5 %. L'aimantation spontanée σ_s à une température donnée a été obtenue en extrapolant vers l'abscisse nulle la courbe représentant l'aimantation spécifique σ en fonction de l'inverse $1/H$ du champ. La précision est de l'ordre de 1/1000 quand la variation est linéaire, ce qui se produit généralement sauf au voisinage du point de Curie, ou à basse température dans le cas de Fe_2O_3CoO, pour lequel par exemple la loi d'approche linéaire n'est valable à 284° K que dans des champs très forts, supérieurs à 14 000 Œ.

De nos mesures, nous avons déduit le point de Curie ferromagnétique θ ainsi que l'aimantation à saturation σ_0 au zéro absolu : σ_s est en effet, à basse température, une fonction linéaire de T^2 ou de $T^{3/2}$, ce qui facilite l'extrapolation. Le

(6) I. Krichevsky et D. Gamburg, *Acta Phys. U. R. S. S.*, **16**, 1942, p. 362.
(7) H. Braune et F. Strassmann, *Z. f. Phys. Chem.*, A, **143**, 1929, p. 225.

(1) *J. Phys.*, 6, 1907, p. 661.
(2) *Ann. Phys.*, **12**, 1929, p. 330.
(3) Ch. Guillaud et H. Creveaux, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1256.
(4) Ch. Guillaud et M. Roux, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1133.
(5) *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.
(6) *Ann. Phys.*, 5, 1926, p. 153.

tableau I résume les résultats obtenus : on y a indiqué notamment le moment à saturation μ rapporté à la molécule Fe_2O_3MO, exprimé en magnétons de Bohr ($1\mu_B = 5.585$). Nous avons également représenté nos résultats sur la



Courbes $\sigma_s/\sigma_0 = f(T/\Theta)$

figure 1, en coordonnées réduites σ_s/σ_0 en fonction de T/Θ. A titre de comparaison, nous avons aussi indiqué la variation thermique de l'aimantation à saturation du nickel, ainsi que la courbe théorique relative à $j = 1/2$.

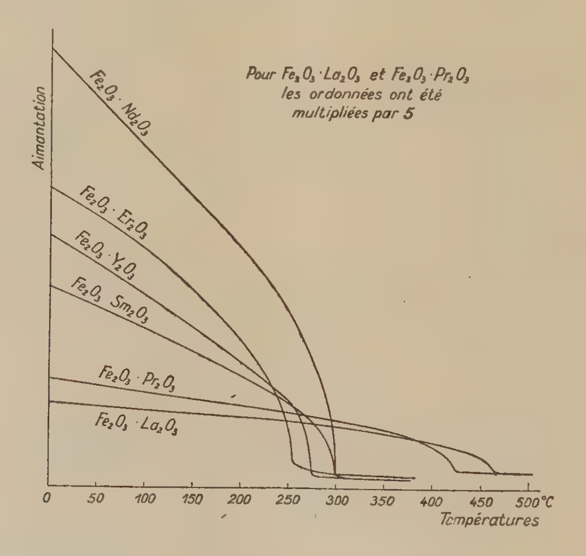
	σ_0.	μ.	θ °K.	$\sigma_S = f(T)$ près de 0°K.	$\sigma_S = f(T)$ près de θ.
Fe_2O_3NiO....	53	2,224	870	$53\ (1 - 1{,}121.10^{-6}\ T^2)$	$2{,}12\sqrt{870 - T}$
Fe_2O_3CoO....	93,9	3,944	769	$93{,}9\ (1 - 1{,}576.10^{-6}\ T^2)$	$3{,}46\sqrt{769 - T}$
Fe_2O_3FeO....	98,48	4,082	847	$98{,}48\ (1 - 0{,}826.10^{-6}\ T^2)$	$6{,}44\sqrt{847 - T}$
Fe_2O_3MnO...	106,7	4,405	576	$106{,}7\ \left(1 - 5{,}75.10^{-5}\ T^{\frac{3}{2}}\right)$	$5{,}84\sqrt{576 - T}$

L'interprétation de ces résultats fera l'objet d'une publication ultérieure.

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle série de corps ferromagnétiques : les ferrites de terres rares*. Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Georges Guiot-Guillain**, transmise par M. Louis Hackspill.

Préparation d'une nouvelle série de composés ferromagnétiques du type *ferrites*, correspondant à la formule générale $Fe_2O_3.M_2O_3$, dans laquelle M représente l'un des éléments des terres rares; étude de leur stabilité et de la variation de leur aimantation en fonction de la température.

La méthode générale de coprécipitation avait permis à l'un de nous ([1]) de préparer à l'état pur une série de composés du type $Fe_2O_3.MO$ (ferrites) et de mettre en évidence leurs propriétés ferromagnétiques. Nous avons repris cette méthode (fréquemment utilisée depuis) pour tenter d'obtenir une nouvelle série de corps ferromagnétiques de type $Fe_2O_3.M_2O_3$, où M désigne l'un des éléments des terres rares La, Pr, Nd, Sm, Er, ainsi que Y.



La réaction $Fe_2O_3 + M_2O_3 = Fe_2O_3.M_2O_3$ se produit par recuit du mélange coprécipité des oxydes correspondants. Les composés ainsi obtenus sont ferromagnétiques. Ils sont stables à haute température (1000°). $Fe_2O_3.Nd_2O_3$, cependant, se décompose par recuit de plusieurs heures à 1000°, en Fe_2O_3 et Nd_2O_3 (identifiables par l'examen aux rayons X et le point de Curie de Fe_2O_3); on peut remarquer là une analogie avec certains ferrites instables que nous avions étudiés antérieurement ([2]).

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1928.

([2]) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 733; H. Forestier et G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 270; H. Forestier et F. Redslob, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1160.

Les points de Curie se situent pour ces ferrites de terres rares, aux températures suivantes :

Fe_2O_3	La_2O_3	465°	Fe_2O_3	Sm_2O_3	300°
	Pr_2O_3	425		Er_2O_3	255
	Nd_2O_3	300		Y_2O_3	275

Ils se classent, comme suit, dans l'ordre des coefficients d'aimantation décroissants : Nd; Er; Y; Sm; Pr; La; aimantation déterminée après chauffage au-dessus du point de Curie suivi de refroidissement dans un champ de 2 000 gauss. Indiquons, à titre comparatif, que le ferrite de nickel possède, dans les mêmes conditions expérimentales, une aimantation quatre fois plus élevée que celle de $Fe_2O_3.Nd_2O_3$. Nous reproduisons ci-contre les courbes d'analyse thermomagnétique, obtenues au moyen de notre appareil enregistreur.

Par ailleurs, les ferrites de lanthane et de praséodyme présentent, de manière très marquée, le phénomène d'aimantation thermorémanente, découvert par l'un de nous [3] sur le sesquioxyde de fer rhomboédrique et les ferrites $Fe_2O_3.MO$. Cette aimantation atteint une valeur 20 fois plus élevée que l'aimantation initiale pour $Fe_2O_3.La_2O_3$ et 10 fois plus élevée pour $Fe_2O_3Pr_2O_3$.

Sauf dans le cas du ferrite de néodyme, nous avons observé que la proportion de ferrite ferromagnétique formé (en général très faible à la température de 700°, même après un long recuit) restait inférieure à 50 %, après un recuit prolongé à 900° : c'est ainsi que nous avons obtenu, par exemple, avec $Fe_2O_3.Er_2O_3$, après un recuit de 6 heures à 1 000°, un produit dont l'aimantation était trois fois plus élevée qu'après un recuit de même durée à 920°. Une température aussi élevée n'était pas nécessaire à la formation des ferrites $Fe_2O_3.MO$ (totalement formés après un recuit de 4 heures à 900°).

Par contre, pour $Fe_2O_3.Nd_2O_3$ (ferrite instable), le maximum d'aimantation (que l'on peut attribuer à environ 80 % de produit formé, d'après les spectrogrammes X) a été obtenu par recuit de 3 heures à 775°.

L'ensemble de ces résultats met en évidence l'existence d'une nouvelle série de corps ferromagnétiques, dont les structures cristallines sont actuellement à l'étude.

---

(3) H. FORESTIER, *Ann. de Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 389; H. FORESTIER et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 787; H. FORESTIER, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 45; A. MICHEL et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 2171.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *La microstructure des atmosphériques. Applications ionosphériques et météorologiques du type* 4. Note (*) de M. **René Rivault**, présentée par M. Pierre Lejay.

Des enregistrements de formes d'atmosphériques et de leur direction d'arrivée ont été effectués quotidiennement, à l'annexe de Poitiers du Laboratoire National de Radioélectricité, de 17 à 21^h, pendant le mois d'octobre 1949, une dizaine de minutes autour de chaque heure ronde. Ils ont fourni une ample documentation permettant de poursuivre l'étude des atmosphériques d'automne du type 4 (1) et de leurs origines (2).

L'existence de ces formes, comprenant des échos dus à des réflexions multiples entre le sol et l'ionosphère, ne paraît pas dépendre de la nature des masses d'air où l'éclair se manifeste, mais plutôt de la distance éclair-récepteur. Ce n'est, en effet, que lorsque l'éclair se trouve dans un rayon de 1000 à 1200^{km} autour du récepteur que ces formes sont enregistrées et qu'elles permettent alors une télémétrie sans ambiguïté.

Une différence dans le détail de l'oscillogramme apparaît cependant suivant que l'éclair a lieu au sein d'un système dépressionnaire ou migrateur (foyers océaniques) ou d'une masse d'air polaire maritime stagnant (Sud-Est de la France et Nord du bassin Méditerranéen). Dans ce dernier cas, l'atmosphérique est une véritable impulsion brève nettement séparée de ses échos successifs; dans le premier, les crêtes d'amplitude sont plus arrondies et des échos secondaires s'entremêlent à ceux de plus grande amplitude fournissant, du reste, une télémétrie analogue. La différence entre ees deux aspects n'est pas due à la nature terrestre ou maritime des trajets, puisqu'elle persiste quand, d'océanique, le foyer migrateur est devenu continental. Il faut sans doute la rechercher dans la complexité des nuages créant l'éclair rayonnant, plus ou moins ramifié.

Le dépouillement de ces formes fournit non seulement les distances entre éclairs et récepteurs, qui, jointes aux données goniométriques recueillies simultanément, permettent la localisation des orages, mais aussi la hauteur virtuelle h de la région réfléchissante, rendant ainsi possible l'étude de la basse ionosphère (3). Les valeurs de h, déduites des enregistrements du type 4 nettement interprétables obtenus pendant octobre, ont été portées sur le tableau ci-joint; chaque point représente un grand nombre d'atmosphériques conduisant à des résultats égaux à 1^{km} près.

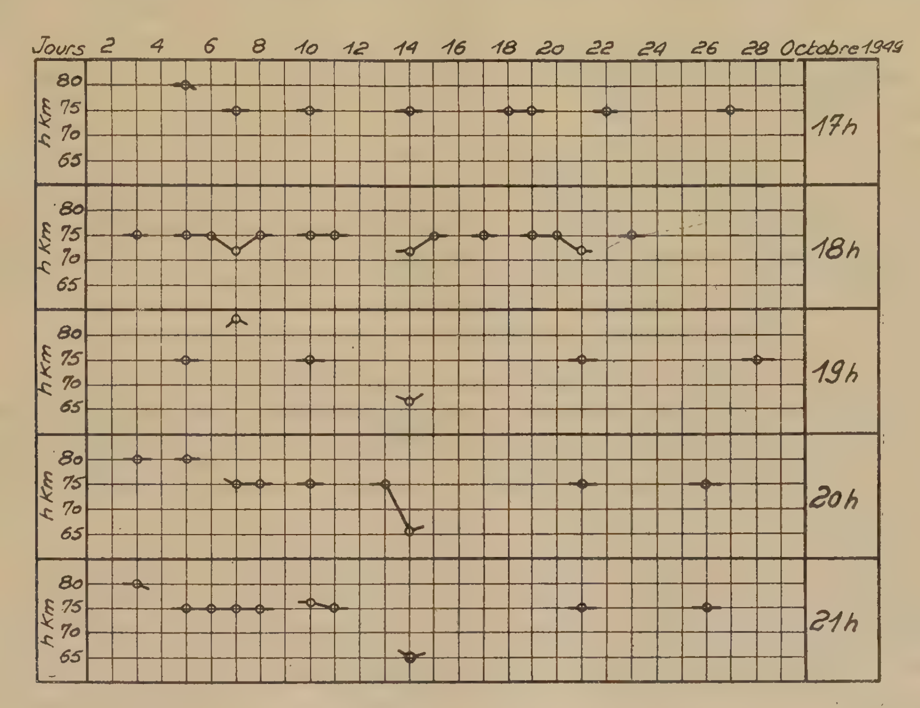
(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) R. Rivault, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 540. *Note préliminaire du L. N. R.*, n° 65.

(2) R. Rivault, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1300-1302.

(3) R. Rivault, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 494.

Les mesures commençaient à 17^h, aux environs du coucher du Soleil, au récepteur, quand l'absorption diurne des ondes de grande longueur s'atténue; les échos obtenus étaient alors généralement faibles et n'atteignaient leur amplitude maximum qu'une ou deux heures plus tard. On constate que, durant les journées ionosphériquement calmes, les valeurs de h sont les mêmes d'heure en heure, l'absorption se manifestant sur l'amplitude des ondes reçues et non sur leur hauteur de réflexion.



Cette uniformité de h dans le temps se retrouve aussi dans l'espace. Il arrive, en effet, que l'on reçoive, au cours d'une série d'enregistrements d'une dizaine de minutes, des atmosphériques provenant de divers foyers situés parfois à l'opposé les uns des autres par rapport au récepteur : leur dépouillement fournit des valeurs de h identiques. On peut en conclure que la région D est homogène et parallèle au sol sur de grandes étendues, ce qui légitime la méthode de dépouillement employée [4].

Cette valeur stable de h est de 75^{km}. Elle peut parfois subir des variations d'une dizaine de kilomètres d'amplitude au cours d'une soirée d'enregistrement. C'est le cas des 7 et 14 octobre. Le 7, on remarque une légère diminution de 3^{km} à 18^h, suivie d'une augmentation d'une dizaine de kilomètres à 19^h, puis d'un retour à la valeur habituelle de 75^{km} à 20^h. Le 14, h passe progressivement de 75^{km} à 17^h, à 65^{km} à 20 et 21^h. Il est intéressant de noter que le 7 et le 14 octobre, des orages magnétiques importants furent enregistrés.

---

(4) R. RIVAULT, *Note préliminaire du L. N.R.*, n° 32.

ÉLECTRONIQUE. — *Fréquences de résonance de la charge d'espace d'un magnétron.* Note (*) de M. **Patrice Fechner**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons un magnétron, fonctionnant en régime bloqué, la tension anodique V, et le champ magnétique H, étant tels que le magnétron ne peut osciller. Nous supposons alors que le magnétron est couplé à une ligne coaxiale ou à un guide, de façon qu'une onde de haute fréquence émise par une source auxiliaire couplée à cette ligne puisse pénétrer à l'intérieur de l'enceinte constituant l'anode du magnétron.

Nous nous proposons d'étudier pour une onde de pulsation ω donnée, les fréquences de résonance de la charge d'espace du magnétron, en fonction du champ magnétique continu H et de la tension anodique V. Nous supposons que les champs de haute fréquence sont très petits vis-à-vis des champs continus.

Nous admettons qu'en l'absence d'onde incidente, sous l'action de la tension V et du champ magnétique H, les électrons qui circulent autour de la cathode sont concentrés en deux anneaux de grande densité électronique; l'un de ces anneaux est situé dans le voisinage immédiat de la cathode; l'autre à une distance de la cathode dépendant de la tension V et du champ H. Seul ce deuxième anneau sur lequel la vitesse radiale des électrons est nulle, va jouer un rôle dans les phénomènes qui nous intéressent.

Sous l'action du champ électromagnétique de haute fréquence, les électrons vont vibrer autour de leur position d'équilibre et pour certaines valeurs du champ H et de la tension V, leur période d'oscillation sera égale à celle de l'onde incidente. Il en résultera alors un phénomène de résonance de la charge d'espace.

Soient :

r et φ, les coordonnées polaires d'un point;

r_0, le rayon de l'anneau d'électrons;

φ'_0, la vitesse angulaire des électrons sur l'anneau en régime continu;

E_0, le champ électrique continu sur l'anneau d'électrons;

$E_r e^{i(\omega t - n\varphi)}$ et $E_T e^{i(\omega t - n\varphi)}$ les composantes électriques radiale et tangentielle du champ électrique de haute fréquence;

N, le nombre de cavités du magnétron et n le mode de l'onde.

Nous posons $\omega_H = (1/c)(e/m)H$ et $\alpha = e/m$, e et m étant respectivement la charge et la masse de l'électron en unités de Gauss.

Les équations générales du mouvement de l'électron sont :

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} & r'' - r\varphi'(\varphi' - \omega_H) = -\alpha[E_0 + E_r e^{i(\omega t - n\varphi)}], \\ & r\varphi'' + r'(2\varphi' - \omega_H) = -\alpha E_T e^{i(\omega t - n\varphi)}. \end{aligned} \right.$$

(*) Séance du 8 mai 1950.

L'équation d'équilibre des forces sur l'anneau est

$$\varphi'_0(\varphi'_0 - \omega_H) = \alpha \frac{E_0}{r_0}. \tag{2}$$

D'autre part, d'après l'hypothèse faite sur la répartition en anneau des électrons, nous posons

$$r = r_0 + \rho\, e^{-in\varphi}, \qquad \varphi' = \varphi'_0 + \theta'\, e^{-in\varphi}, \tag{3}$$

ρ, ρ', ρ'' et θ, θ', θ'' désignant des infiniment petits.

1. *Magnétron à anode pleine.*

$$E_T = 0, \qquad n = 0. \tag{4}$$

Compte tenu de 1, 2, 3 et 4, on obtient le phénomène de résonance pour des tensions faibles lorsque

$$\omega_H = \omega - \frac{3}{2}\frac{\alpha E_0}{\omega r_0}. \tag{5}$$

2. *Magnétron à n cavités.* — Compte tenu de (1), (2) et (3), on obtient pour des tensions faibles, le phénomène de résonance sur les champs E_r et E_T, lorsque :

$$\omega_H = \omega - \frac{\frac{3}{2} - n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0}, \tag{6}$$

$$\omega_H = \frac{\omega}{n+1} - \frac{\frac{3}{2} + n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0}, \tag{7}$$

$$\omega_H = \frac{\omega}{n-1} + \frac{\frac{3}{2} - n}{\omega}\frac{\alpha E_0}{r_0} \qquad \text{avec} \quad n \geqq 2, \tag{8}$$

$$\omega_H = \frac{\omega}{n} - \frac{n\alpha E_0}{\omega r_0}. \tag{9}$$

Les équations (5), (6), (7), (8) et (9) donnent pour une fréquence ω donnée la variation du champ magnétique de résonance lié à ω_H en fonction du champ électrique continu.

OPTIQUE. — *Étude des défauts d'homogénéité par la méthode de l'ombre portée.* Note (*) de M. **Maurice Françon** et Mlle **Denise Wagner**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous étudions la méthode de l'ombre portée par les phénomènes de diffraction à distance finie dans le cas d'un fil à variation brusque de phase. Lorsque la différence de phase introduite par le fil est petite, on a la même sensibilité que par la méthode du contraste de phase avec lame de phase transparente. Enfin, dans les conditions d'observation pratique, le diamètre apparent de la source vu de l'échantillon doit être de l'ordre de 2 minutes d'arc.

La méthode de l'ombre portée appliquée à un échantillon de verre (lame à faces planes et parallèles) permet de déceler les défauts d'homogénéité qu'il contient.

L'échantillon est éclairé par une source lumineuse S très petite et l'on observe l'ombre portée des défauts sur un écran E placé après l'échantillon. Nous nous bornons ici à l'étude d'un fil à variation de phase brusque. Si l'écran est très près de l'échantillon, on observe deux groupes de franges de diffraction correspondant aux deux discontinuités. Si l'écran s'éloigne de l'échantillon, ces deux groupes de franges interfèrent et donnent une figure de diffraction plus ou moins compliquée. Soient l la largeur du fil, a sa distance à la source, b sa distance à l'écran E, λ la longueur d'onde de la lumière utilisée et φ la différence de phase qu'il introduit. Posons

$$v = \sqrt{\frac{2(a+b)}{ab\lambda}}\,\frac{l}{2}.$$

Si $G(v)$ et $F(v)$ sont les intégrales de Fresnel, et en admettant que φ soit assez petit pour négliger φ^2, on trouve que l'intensité lumineuse sur l'axe du système est donnée par

$$I_1 = 1 - 2\varphi[G(v) - F(v)].$$

C'est en ce point que l'on a soit la plus forte, soit la plus faible intensité, donc le contraste le plus fort en prenant $G(v) - F(v) = 0,5$. Le maximum de la fonction $G(v) - F(v)$ est en effet de l'ordre de 0,5. Si l'on s'écarte loin de l'ombre géométrique du fil, l'intensité devient constante et égale à

$$I_2 = 1,$$

d'où le contraste maximum

$$\gamma = \left|\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right| = 2\varphi\,|G(v) - F(v)| = \varphi.$$

On sait que la méthode du contraste de phase permet également d'observer

(*) Séance du 15 mai 1950.

les défauts d'homogénéité. Si l'on observe un défaut introduisant une différence de phase φ petite, cette méthode donne un contraste

$$\gamma = 2\varphi,$$

si la lame de phase est transparente. Donc en utilisant la méthode de l'ombre portée dans les conditions optima et seulement pour les faibles valeurs de φ, on obtient théoriquement une sensibilité deux fois moins grande que par contraste de phase avec lame de phase transparente. En fait, dans la méthode de l'ombre portée, le maximum ou le minimum central est bordé de deux franges sombres dans le premier cas, ou de deux franges brillantes dans le second cas. Ces franges ont toujours une intensité telle que pratiquement le contraste est doublé. Dans ces conditions, on peut dire que la méthode de l'ombre portée et le contraste de phase avec lame de phase transparente donnent la même sensibilité.

L'expression donnant v montre que si a et b sont très grands, v devient petit : le contraste est faible. Si a et b deviennent très petits, v devient grand et le contraste diminue à nouveau. Dans ce dernier cas, cela tient à ce que les franges de chaque discontinuité sont trop séparées pour interférer. On a simplement deux systèmes de franges indépendants séparés par une région d'intensité égale à celle que l'on obtient loin des franges, d'où un contraste très faible entre ces deux régions. Il existe donc une position favorable de l'échantillon par rapport à la source et à l'écran permettant d'obtenir une sensibilité maxima.

De toutes façons, la méthode est peu pratique lorsque φ est petit, car elle conduit à des valeurs de a et b assez grandes. Il convient d'opérer alors avec un échantillon taillé sous forme de lentille convergente ou d'associer l'échantillon plan-parallèle à une lentille parfaite. L'écran étant placé près de l'image de la source, tout se passe comme si l'on opérait avec un échantillon plan-parallèle seul, l'écran étant à grande distance.

SPECTROSCOPIE. — *Transparence spectrale de la silice vitreuse après passage du courant électrique à température élevée.* Note de MM. **Eugène Darmois**, **René Bauplé** et M[lles] **Andrée Gilles** et **Nicole Astoin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Rahimi et Darmois (1) ont montré, il y a plusieurs années, que le passage du courant à travers le quartz modifie certaines de ses propriétés. A notre connaissance, ce travail étant resté isolé, nous avons jugé utile de le reprendre en portant notre attention sur les propriétés optiques.

Les quartz dont les faces extrêmes ont été rendues conductrices par un

(1) *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 1936, p. 101 S.

dépôt métallique, sont placés dans un four entre deux électrodes (généralement en platine) entre lesquelles on applique une tension de 500 à 2500 V.

Nous avons étudié deux qualités de quartz fondu : l'une de provenance française, fabriquée pendant la guerre et probablement assez impure; l'autre, d'origine allemande, dite *homosil*, privée de bulles et beaucoup plus pure.

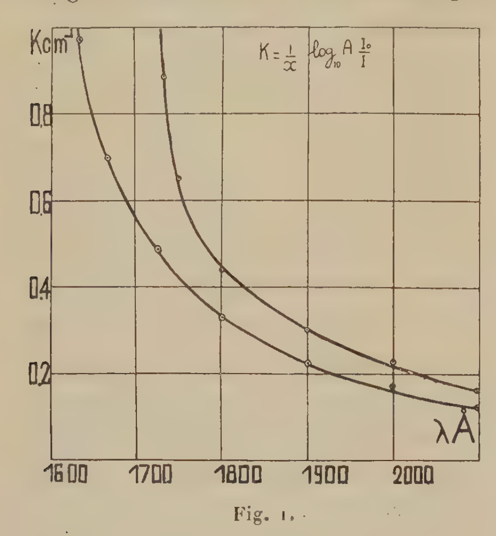


Fig. 1.

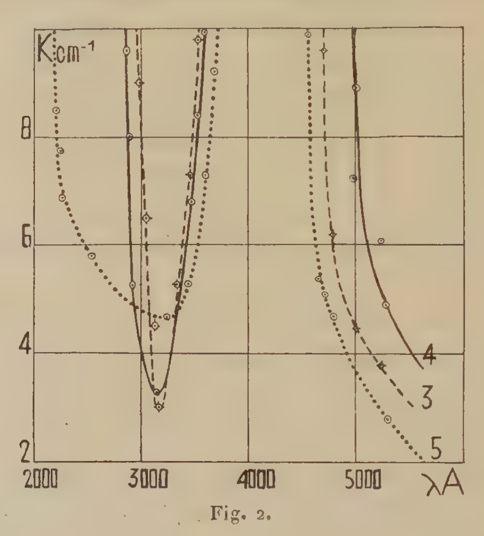


Fig. 2.

Avec le quartz français, nous avons observé, au cours du traitement électrique, l'apparition de zones colorées se déplaçant vers la cathode. Au début de l'opération, il se forme un dépôt noir à la cathode. Après 370 heures de traitement à des températures variant entre 580 et 975° C, on observe la succession des zones suivantes de l'anode à la cathode : 1° une zone claire transparente; 2° une zone transparente mais moins claire; 3° une zone rouge orangé; 4° une zone rouge, plus foncée; 5° une zone grisâtre; 6° une zone jaunâtre près de la cathode. La surface cathodique est recouverte d'une croûte blanchâtre craquelée, dont la résistance électrique est grande. Certains échantillons présentent un aspect différent par suite de la formation d'arborescences colorées ou dendrites partant de la cathode. On sait que des effets analogues ont été observés au cours de l'électrolyse des halogénures alcalins, ([2]), ([3]), mais il semble qu'ils n'aient jamais été signalés dans les oxydes. Avec le quartz *homosil*, il n'apparaît aucune modification dans la masse; il se forme seulement une pellicule blanche sur la cathode.

Contrairement à ce que signalait Rahimi ([4]), la limite de transparence n'est pas beaucoup reculée vers les courtes longueurs d'onde, même pour les zones les plus claires. Le gain n'est appréciable que pour le *homosil* (*fig.* 1). Pour le

---

([2]) Tuband et Eggerth, *Z. f. anorg. und. allg. chem.*, **110**, 1920, p. 196.

([3]) Mott et R. W. Gurney, *Electronic Processes in Ionic Crystals*, Oxford, 1940.

([4]) *Thése*, Paris, 1937.

quartz français, une lame anodique gagne en transparence entre 1800 et 1950 Å, mais devient plus absorbante au-dessus de 1950 Å.

D'autre part, nous avons étudié les spectres des lames extraites des zones colorées (3°), (4°), (5°), du quartz français (*fig.* 2). Ces spectres présentent des maxima et des minima d'absorption très accusés.

D'autres expériences seront nécessaires pour pouvoir donner une interprétation du mécanisme du passage du courant et de la formation des zones colorées. Il est certain toutefois que les colorations ne sont pas dues au métal des électrodes, car les mêmes phénomènes se produisent avec des électrodes différentes et, en particulier, avec des électrodes de carbone. La bande d'absorption des échantillons colorés, située vers 4000 Å, pourrait être due à SiO^+, dont on connaît, en émission, des bandes à 4270 et 3840 Å ([5]). Dans cette hypothèse, la présence des impuretés favoriserait simplement un certain mécanisme de transport du courant, qui serait peut-être analogue à celui envisagé pour l'oxyde de zinc ([6]).

La principale question qui se pose au sujet des zones colorées que nous avons observées est de savoir si les particules responsables de la coloration sont sous forme colloïdale ou atomique; cette dernière existe peut-être quand le traitement est fait à une température pas trop élevée; si elle existe réellement, le mécanisme de la coloration doit être, dans ce cas, analogue à celui de la formation des centres F dans les halogénures alcalins. Des expériences pour vérifier ces différents points sont en cours.

MAGNÉTOPHOTOPHORÈSE. — *Relation entre la magnétophotophorèse et le ferromagnétisme.* Note de MM. **Pierre Tauzin** et **Aimé Lespagnol**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'analyse chimique qualitative des particules qui, en suspension dans un gaz, manifestent le phénomène de la magnétophotophorèse, montre qu'elles renferment du fer ou un corps ferromagnétique.

Ces particules s'orientent dans un champ magnétique même très faible, ce sont des aimants et non des pôles isolés.

La magnétophotophorèse disparaît si la température dépasse le point de Curie des substances formant les particules.

On sait que, dans un certain nombre d'aérosols, des particules se déplacent sous l'action combinée d'un faisceau lumineux intense et d'un champ magnétique. C'est la magnétophotophorèse. Nous présentons dans cette Note quelques faits expérimentaux qui révèlent un lien étroit entre ce phénomène et le ferromagnétisme.

([5]) Woods, *Phys. Rev.*, 63, 1943, p. 226.

([6]) F. Seitz, *The modern Theory of Solids.* New-York, 1940.

1. La magnétophotophorèse a été constatée d'abord par Ehrenhaft, puis par l'un de nous sur des particules de fer, de nickel, de cobalt. Elle existe aussi pour des particules des composés ferromagnétiques suivants, préparés par M. Guillaud : MnBi, Mn_2Sb, MnAs, CrTe, FeS, MnI, Fe_4N, MnP. Nous avons eu enfin la surprise de l'observer sur des particules de poudres de graphite, manganèse, chrome provenant de la maison Eimer et Amend (New-York). Or, nous avons constaté que les trois échantillons en question, qui présentaient la magnétophotophorèse, étaient attirés par les pôles d'un électroaimant, ce qui, pour le graphite tout au moins, est assez extraordinaire, puisque ce corps est diamagnétique. Nous avons alors procédé à leur analyse qualitative pour rechercher le fer qu'ils pouvaient contenir. On attaquait la poudre à l'acide nitrique bouillant et l'on exécutait ensuite sur le filtrat les réactions classiques très sensibles de mise en évidence du fer : réactions au sulfocyanate de potassium, au ferrocyanure de potassium et au nitrosobétanaphtol qui donnent, la première une coloration rouge sang, la seconde le précipité bleu de Prusse et la troisième un précipité brun foncé. Nous avons ainsi mis en évidence le fer dans les poudres étudiées de graphite, manganèse, et chrome; ce dernier corps était moins impur que les autres, et présentait d'ailleurs la magnétophotophorèse à un degré moindre.

Par contre, nous n'avons pas trouvé de fer dans des échantillons d'aluminium, zinc et plomb, tous trois d'Eimer et Amend, et de carbon black Prolabo; ces poudres se sont montrées insensibles à la magnétophotophorèse [1].

2. L'observation à l'ultramicroscope des aérosols présentant la magnétophotophorèse, nous a fait soupçonner que leurs particules s'orientaient dans un champ magnétique même plus faible que le champ terrestre. Si l'on fait pivoter périodiquement le champ de 90°, on voit les particules changer d'orientation. Ce fait est visible pour quelques-unes qui sont des filaments assez longs; si l'on dérègle légèrement le microscope d'observation, de façon que ces particules apparaissent entourées d'anneaux, on voit que la luminosité de ces anneaux varie lors de la rotation de la particule; on constate aussi cette variation de luminosité pour une foule de particules qui, avec le réglage normal, apparaissent comme des points. La lumière renvoyée par la particule est faible lorsque les directions du champ magnétique et du faisceau lumineux sont parallèles; elle est plus intense lorsque ces directions sont perpendiculaires. De ces observations, on tire deux conclusions : d'abord les particules en question sont des aimants, et ensuite elles ne sont pas sphériques. Ajoutons qu'on observe beaucoup de particules dont l'éclat varie par rotation du champ, et qui ne manifestent pas de magnétophotophorèse.

Toujours dans les aérosols précédents, et sur quelques particules pouvant

---

[1] Les analyses ont été effectuées avec le concours de M. Dubuc.

présenter ou non la magnétophotophorèse, on trouve que la variation d'éclat, par rotation du champ est nulle ou très faible. Ce fait est peut-être le signe d'une surface assez régulière ; il est d'ailleurs probable, que, comme les autres, ces particules sont des aimants.

3. Pour compléter ces essais, on s'est demandé si la magnétophotophorèse disparaissait bien au point de Curie des corps ferromagnétiques étudiés. Nous avons opéré sur des particules de nickel dans l'argon ou l'azote, à la pression de 10^{cm} de mercure, pour laquelle la magnétophotophorèse est particulièrement intense. Nous avons chauffé la poudre de nickel dans ces gaz, en la soumettant à l'action d'un faisceau lumineux intense et d'un champ alterné de quelques gauss produit par des bobines d'Helmholtz. Nous avons constaté que les oscillations des particules qui présentent la magnétophotophorèse disparaissent au-dessus de 360°, point de Curie du nickel, et réapparaissent pour des températures du tube laboratoire inférieures à 360°.

Pour le fer, le point de Curie est de 775°. Le chauffage à cette température du tube transparent contenant le gaz à faible pression présente des difficultés, et d'autre part, avec l'azote, même au-dessous de 775°, la poudre de fer réagit en donnant un nitrure. Lorsqu'on chauffe la poudre de fer oméga dans l'azote, en présence d'un champ magnétique alterné et d'un faisceau intense, on décèle encore des particules qui oscillent sous l'action de la magnétophotophorèse, à des températures de l'ordre de 500°. Si l'on chauffe plus haut, la poudre de fer se prend en une masse noire friable ; elle s'est nitrurée. Laissons refroidir le tube, broyons le bloc formé et étudions la poudre obtenue. On y voit des particules qui ont une magnétophotophorèse intense jusque vers 275° ; l'effet diminue à des températures plus fortes, et reprend son intensité pour des températures inférieures. Effectivement, la littérature fixe à 275° le point de Curie d'un des nitrures de fer dont on observe la production dans des conditions d'expérimentation assez larges ([2]), ce qui confirme encore dans ce cas la liaison entre magnétophotophorèse et ferromagnétisme.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *La photophorèse dans la fumée d'indigotine à la pression atmosphérique et à la lumière solaire.* Note (*) de Mlle **Monique Maitrot**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Inspirée par les travaux de F. Ehrenhaft et de P. Tauzin ([1]) sur le phénomène de photophorèse, et reprenant un montage de J. Thibaud, j'ai

---

([2]) Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, p. 769.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) F. Ehrenhaft, *Ann. Phys.*, 11e série, 13, 1940, p. 151 ; P. Tauzin, *Cahiers de Physique*, n° 19, 1944, p. 3 ; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1037 et 225, 1947, p. 350.

examiné différentes fumées à la pression normale : nigrosine, fuschine, induline, etc., et plus particulièrement celle d'indigotine, dont les trajectoires présentent à la lumière solaire des mouvements périodiques ([2]), principal objet de cette étude.

Les fumées d'indigotine vieillissent assez rapidement, les particules se soudant les unes aux autres, bout à bout au cours de l'expérience, pour former des sortes de chaînes. La longueur moyenne des particules augmente ainsi d'une fraction de micron à une dizaine et plus. Le sens de la photophorèse, ici en majorité positif, ne varie guère au cours d'une expérience et ne semble pas dépendre des dimensions de ces particules, en particulier de leur longueur qui croît durant l'examen. Par contre la proportion de trajectoires positives et négatives varie avec l'intensité du faisceau : pour une intensité relativement faible (lampe Philora), il n'y a pas de particules négatives. Au contraire, dans les expériences conduites à la lumière solaire, la proportion de trajectoires négatives est assez considérable.

Les particules sont éclairées au moyen d'un héliostat et d'un objectif de microscope (ouverture $f:2$). On a profité de la belle insolation de la mi-journée de l'été 1949. Les clichés présentés montrent le mouvement de translation de particules, généralement affecté d'une oscillation en hélice ou en sinusoïde, sous l'effet d'un faisceau lumineux horizontal.

A. *Hélices simples ou sinusoïdes.* — Elles ont une fréquence (de 1,5 à plus de 100 par seconde) et une amplitude très variables. Il n'y a pas de rapport simple entre la vitesse de la photophorèse longitudinale et la fréquence ou l'amplitude du mouvement périodique. Les particules dont la fréquence est minima et l'amplitude maxima sont les particules les plus grosses.

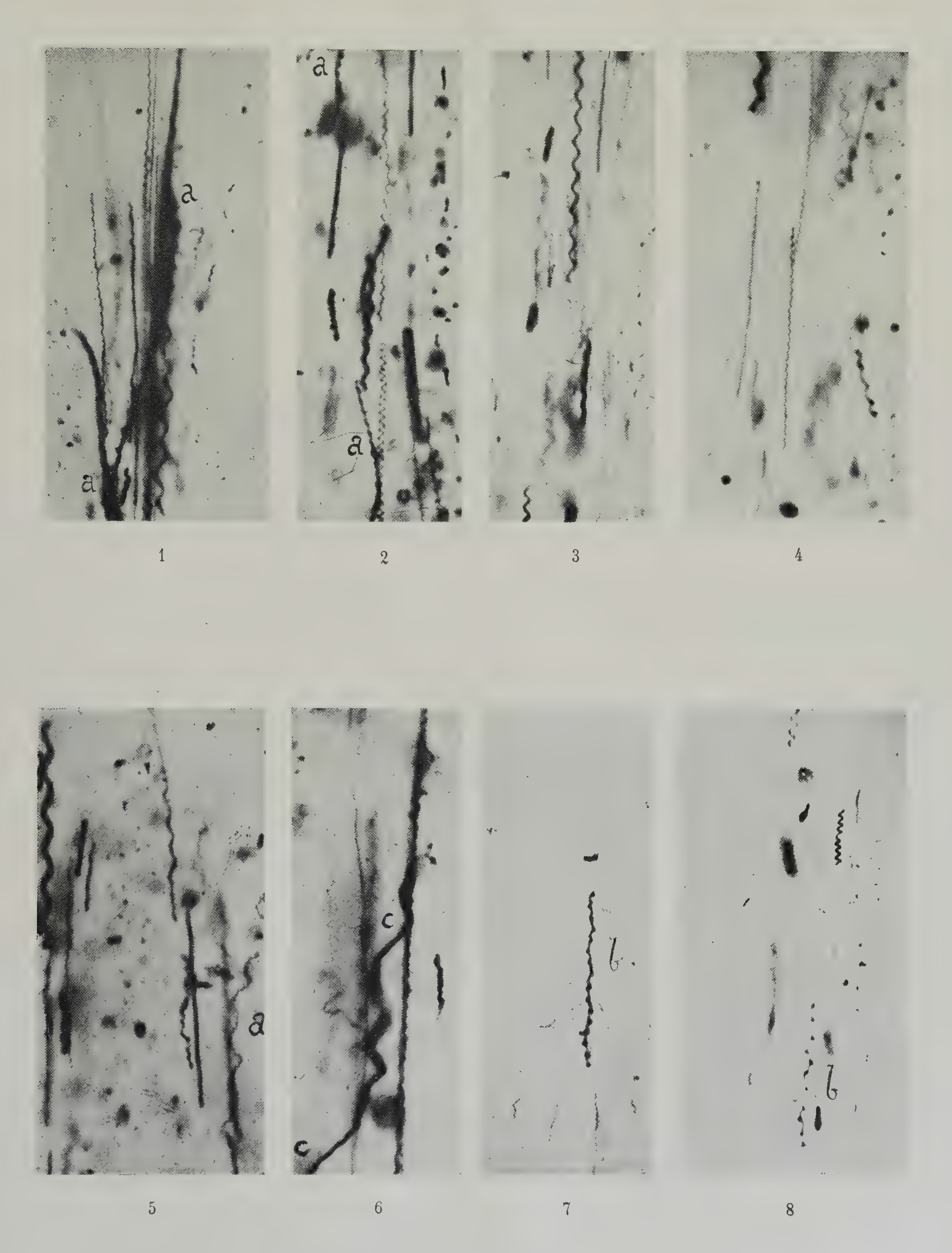
B. *Trajectoires multipériodiques.* — Fréquemment deux périodes au moins se superposent dans le mouvement d'une particule [trajectoires (a) des clichés 1, 2, 5]. Le rapport entre les amplitudes des deux mouvements (ainsi que le rapport entre les fréquences) varie entre 1 ou 2 et plusieurs dizaines. Le mouvement de plus grande période de certaines de ces trajectoires est irrégulier (cliché 5).

C. *Trajectoires en lemniscate.* — Visibles sur les clichés 7 et 8 [trajectoires (b)], comme si la translation s'accompagnait d'un mouvement en lemniscate. Ces trajectoires peu nombreuses se produisent à la fin d'une expérience dans les fumées vieillies. On peut les retrouver dans d'autres fumées (fuschine, nigrosine).

D. *Trajectoires aberrantes.* — Elles sont de type variable [cliché 6, trajectoire (c)]. Ces particules changent de direction plusieurs fois au cours de leur

---

([2]) P. Tauzin, *Jour. Phys.*, 1949, p. 90.


a
a
a
a
1
2
3
4
c
c
a
b
b
5
6
7
8

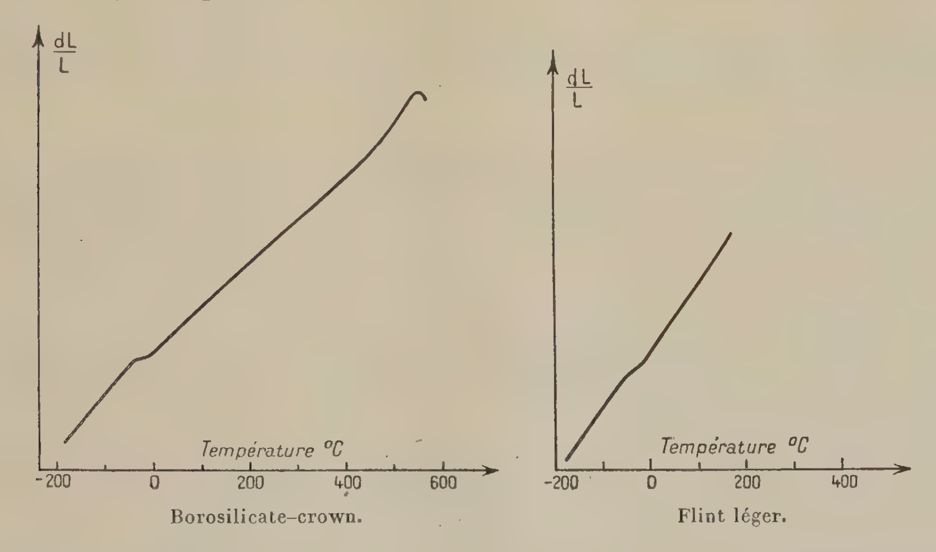
trajectoire ou présentent des mouvements tout à fait désordonnés. D'autres ont une photophorèse perpendiculaire au faisceau lumineux.

Bien que ces trajectoires aberrantes puissent être dues, pour une part à l'étroitesse du faisceau auquel certaines particules échappent, il semble subsister une proportion non négligeable de mouvements nettement obliques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution du coefficient de dilatation du verre à basse température.* Note (*) de Mme **Aniuta Winter-Klein**, présentée par M. Frédéric Joliot

On connaît depuis longtemps l'existence pour les verres d'un domaine de températures dit domaine de transformation, dans lequel les constantes physiques du verre telles que *p. e.* n (indice de réfration) ou δ (coefficient de dilatation) varient d'une manière abrupte.

Ce domaine de transformation se situe aux températures élevées de l'ordre de 400°C à 700°C pour les verres courants.



Borosilicate-crown. Flint léger.

L'étude décrite dans la suite porte sur l'évolution du coefficient de dilatation d'un verre en fonction de la température quand celle-ci est inférieure à quelque 20°C. Elle met en évidence l'existence d'un second domaine de température dans lequel le coefficient de dilatation subit une variation brusque analogue à celle qui caractérise le domaine de transformation mentionné plus haut.

(*) Séance du 8 mai 1950.

Cette étude a été faite au moyen d'un dilatomètre différentiel enregistrant la dilatation de l'échantillon étudié comparée à celle d'un étalon (¹).

L'échantillon est mis sous la forme d'une baguette de 50^{mm} de longueur et de 3^{mm} de diamètre. L'enregistrement a été fait entre — 180° C et 600° C pour certains verres et entre — 150° C et 400° C pour d'autres.

La figure 1 représente les courbes obtenues pour deux verres étudiés : un borosilicate-crown et un flint léger.

Pour le borosilicate-crown, le coefficient de dilatation varie de $9{,}2.10^{-6}$ à $5{,}3.10^{-6}$ entre — 5° C et — 35° C.

Pour le flint, le coefficient de dilatation passe de 8.10^{-6} à 6.10^{-6} entre — 15° C et — 45° C.

Une anomalie similaire dans l'évolution du coefficient de dilatation a été observée pour chacun des six verres étudiés.

La température au voisinage de laquelle le coefficient de dilation subit sa variation brusque est différente pour chaque verre et pour les cas étudiés, est comprise entre — 50° C et + 10° C.

L'interprétation de cette anomalie semble encore plus difficile que l'interprétation de celle qui caractérise le domaine de transformation, car les possibilités de réarrangement moléculaire à ces basses températures semblent très restreintes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution expérimentale à l'étude du mécanisme de l'explosion du nitrate ammonique.* Note (*) de M. **Armand-H. Delsemme**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le chauffage du nitrate ammonique en milieu non confiné en provoque d'abord la décomposition lente, puis la combustion.

Au contraire, la décomposition lente du nitrate ammonique chauffé en enceinte fermée, provoque une élévation rapide de pression. Lorsque le confinement est suffisant pour maintenir une pression d'une vingtaine d'atmosphères, le nitrate ammonique explose au moment où il atteint la température de 290° C (¹).

Un dispositif expérimental original a été mis au point pour l'étude spectroscopique de l'évolution des gaz de décomposition sous pression quelques instants avant une telle explosion. Il consiste en un four à chauffage électrique, une cellule en acier inoxydable, à l'épreuve des hautes pressions (100 kg/cm²), contenant une charge de 5^{g} de nitrate ammonique chimiquement

---

(¹) L'étalon utilisé est une baguette en pyros dont la dilatation est réversible et sans anomalie. *Voir* P. Chevenard, *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome*, p. 41.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(¹) Herquet, *Chimie et Industrie*, n° spécial XXIe Congrès, 1948, p. 78.

pur; deux fenêtres de quartz de 20^{mm} de diamètre et de 10^{mm} d'épaisseur, permettant l'observation des gaz sous pression au travers d'un chemin optique variant selon le cas de 2 à 80^{mm}; un couple thermo-électrique et un manomètre pour mesurer la température et la pression et enfin un clapet de sûreté vers 60 kg/cm² pour protéger les fenêtres de quartz.

Une lampe à hydrogène éclaire la fente d'un petit spectrographe Hilger, au travers de la cellule d'observation. Une cinquantaine de spectres sont enregistrés de minute en minute, constituant en quelque sorte le film de l'évolution des produits de décomposition avant l'explosion.

Une vingtaine d'explosions ont été réussies; le millier de spectres obtenus contient de nombreux renseignements sur l'évolution des gaz dans les instants précédant les explosions. Les zones intéressantes se trouvent notamment situées dans le début de l'ultraviolet lointain, de 1850 à 2300 Å, accessible commodément au moyen de plaques photographiques presque privées de gélatine.

Nous avons notamment observé les systèmes de bandes de NO et de NH_3 [2], [3] et [4].

Avec un chemin optique de 4^{mm}, les instants avant l'explosion peuvent se schématiser comme suit pour le nitrate bien sec (moins de 0,1 % d'eau) :

Minutes avant l'explosion.	Tempé-rature.	Pression totale de la phase gazeuse (kg/cm²).	Bandes de NO.	Bandes de NH_3.
10	240°	1	–	–
8	250	2	faibles	–
6	260	3	moyennes	faibles
4	270	6	intenses	moyennes
2	280	20	intenses	intenses
0	290	60	moyennes	très intenses

Lorsque le nitrate est bien sec, l'explosion se produit toujours. Au contraire, lorsque le nitrate est mal séché (ordre de grandeur 0,4 % d'eau), une combustion rapide vers 290° remplace l'explosion. Dans ce cas, les bandes de NH_3 apparaissent plus tôt et sont plus intenses, tandis que les bandes de NO apparaissent plus tard, sont moins intenses et ne semblent nullement diminuer d'intensité un instant avant la combustion. Voici le schéma du phénomène pour le nitrate mal séché :

---

(2) G. Hertzberg et L. Mundie, *J. Ch. Phys.*, 8, 1940, p. 263.

(3) A. Duncan, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 822.

(4) J. Dixon, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 711.

Minutes avant l'explosion.	Température.	Pression totale de la phase gazeuse (kg/cm²).	Bandes de NO.	Bandes de NH_3.
10	240°	1	–	–
8	250	2	–	faibles
6	260	3	–	moyennes
4	270	6	très faibles	intenses
2	280	20	très faibles	très intenses
0	290	50	faibles	très intenses

D'autres bandes discrètes ainsi qu'un continuum ont été observés à différents stades du phénomène. Leur étude détaillée se poursuit actuellement.

L'interprétation la plus vraisemblable de nos résultats expérimentaux actuels nous semble être la suivante :

La présence d'eau catalyse la décomposition en $NH_3 + HNO_3$, au détriment des différentes possibilités de décomposition en vapeurs nitreuses (notamment en NO).

Or, les réactions de décomposition du nitrate ammonique conduisant à des vapeurs nitreuses sont toutes plus ou moins exothermiques (de +5 à +15 kcal/môle) (5) et (6).

Au contraire, la seule réaction de décomposition conduisant à NH_3 est fortement endothermique (— 41 kcal/mole) (5) et (6).

Il est donc plausible d'admettre que la présence d'eau, en favorisant le développement d'une telle réaction, ralentit considérablement l'allure de la décomposition qui perd son caractère explosif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les acides humiques issus de l'hydroquinone.* Note de Mlle **Pierrette Cornec** et M. **Henry Brusset**, présentée par M. Paul Pascal.

L'oxydation alcaline de l'hydroquinone par un persulfate produit rapidement une notable quantité de corps humiques qui, en milieu ammoniacal, contiennent une certaine quantité d'azote; le persulfate d'ammonium conduit à un milieu acide avec production de quinhydrone. Pour un pH constant de 11-12, en présence de soude, on a de meilleurs rendements qu'en pH 9,5 en présence d'ammoniaque et de chlorure d'ammonium.

L'oxydation des polyphénols, en particulier de l'hydroquinone, peut conduire à des produits bruns, dits acides humiques de synthèse ou même acides

(5) M. Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, iv, 18, 1869, p. 77; 22, 1871, p. 81; v, 6, 1875, p. 188; 10, 1877, p. 364.

(6) M. Berthelot, *Comptes rendus*, 82, 1876, p. 932.

hydroquinone-humiques [1]. Seuls les phénols susceptibles de prendre une structure quinonique, peuvent donner des acides humiques; c'est ainsi que, par oxydation, le dioxy-1.3 benzène ou résorcine ne donne pas de produits humiques. Avec l'hydroquinone, au contraire, on peut en obtenir.

Un traitement très favorable à ce mode d'évolution est l'oxydation, en milieu basique, par un sel alcalin de l'acide peroxydisulfurique $S_2O_8H_2$.

A. Nous avons étudié dans ces conditions différents oxydants, dans le but de fixer le plus convenable (persulfates, peroxyde d'hydrogène, hypochlorite de sodium, air). Dans tous les cas, nous avons observé un brunissement plus ou moins rapide de la solution alcaline d'hydroquinone et nous avons déterminé dans chaque cas le poids de précipité obtenu par acidification. Nous avons donc trouvé que les persulfates agissaient beaucoup plus rapidement et beaucoup plus complètement, comme le montrent les résultats suivants :

5ᵍ d'hydroquinone conduisent à des poids moyens de substance humique sèche, précipitée en milieu acide, de :

4ᵍ,5 pour l'oxydation par le persulfate : précipité obtenu par une oxydation d'une heure environ;

2ᵍ,5 pour l'oxydation par l'eau oxygénée : précipité obtenu après plusieurs jours d'oxydation, alors qu'une oxydation de quelques minutes ne donne qu'un précipité inappréciable ou faible.

Précipité encore inappréciable avec ClONa au bout de plusieurs jours; on observe seulement un brunissement rapide de la liqueur après addition de l'hypochlorite.

Avec l'air, précipité encore inappréciable au bout de plusieurs jours; le brunissement est moins rapide que dans les cas précédents.

B. Nous avons étudié l'oxydation en présence d'une base non azotée, comme la soude, et l'oxydation en présence d'ammoniaque ou d'un sel d'ammonium.

Nous avons trouvé, dans le cas d'une oxydation réalisée au sein de l'ammoniaque, un pourcentage d'environ 7 % d'azote fixé sur le produit d'oxydation franchement noir. Ce produit serait donc essentiellement différent du produit de couleur brune obtenu en solution sodique par oxydation par $S_2O_8Na_2$. En opérant dans d'autres conditions, en présence d'ammoniaque, nous avons toujours trouvé de l'azote dans le produit humique, mais parfois en moindre quantité (1,39 % dans un exemple situé plus loin).

C. Nous avons étudié le rôle de l'évolution du pH. On sait que l'oxydation en milieu acide de l'hydroquinone conduit à la quinhydrone. En opérant avec le persulfate d'ammonium nous avons remarqué que le pH tend à décroître même en présence d'un certain excès de base, et bientôt nous nous trouvons en

---

(1) W. Eller et K. Koch (B. 53, 1469, 1476).

milieu acide, favorable à la formation de quinhydrone. Nous avons montré la présence de ce composé et l'avons identifié par son point de fusion et ses propriétés :

Dans le cas d'un mélange, nous avons essayé de séparer par dissolution dans l'acétone la quinhydrone et le produit humique mais la séparation est assez délicate, car une partie de l'acide humique, est généralement soluble dans le solvant utilisé; aussi, pour orienter l'oxydation de l'hydroquinone uniquement vers la formation d'acide humique avons nous maintenu le pH à des valeurs sensiblement constantes de deux manières :

a. En opérant en solution tampon $ClNH_4$, NH_4OH (pH voisin de 9,5).

b. En ajoutant progressivement une certaine quantité de base (NaOH en présence de $S_2O_8Na_2$), (pH variant entre 12,2 et 11,2). (Le contrôle de la valeur du pH était fait par un pH-mètre à électrode de verre.)

La deuxième opération nous a fourni les meilleurs résultats; rendement par rapport à la quantité d'hydroquinone utilisée : 85 % dans ce cas, et 55 % dans le premier cas.

D. L'analyse élémentaire de divers produits de ce groupe donne les valeurs suivantes, et montre une nette diversité des substances obtenues.

	C %.	H %.	O %.	N %.
Hydroquinone	65,45	5,45	29,10	0,0
Quinhydrone	66,05	4,59	29,36	0,0
Quinone	66,66	3,70	29,64	0,0
Acide humique brut A en pH 11-12 (milieu sans azote)	61,96	3,36	34,68	0,0
Acide humique brut B en pH 9,5 (milieu ammoniacal)	59,87	2,98	35,74	1,39
Autres acides synthétiques (²). 1	58,06	3,22	38,72	0,0
Autres acides synthétiques (²). 2	51,8	2,16	46,04	0,0
Autres acides synthétiques (²). 3	60,43	5,03	34.54	0,0

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature chimique des surfaces métalliques polies électrolytiquement et son importance pratique.* Note de MM. **Pierre-A. Jacquet** et **Marcel Jean**, présentée par M. Paul Pascal.

Les surfaces de cuivre, zinc et magnésium, polies électrolytiquement dans les solutions d'acide phosphorique peuvent retenir des traces d'un composé contenant du phosphore. Le fer poli en milieu phosphochromique ne retient pas de composés riches en phosphore ou en chrome, mais est vraisemblablement recouvert d'oxyde. Ces résultats sont discutés du point de vue de certaines propriétés particulières aux métaux polis électrolytiquement.

La diffraction d'électrons montre que les surfaces polies électrolytiquement correspondent en général au métal pur ou recouvert d'une couche d'oxyde très

(²) H. Brusset, *Bull. Soc. Chim.*, **610**, 1943, p. 117.

mince. A ce point de vue la nature de l'électrolyte et les conditions électriques jouent, outre la technique de lavage, un rôle essentiel. Dans le cas particulier du zinc poli en milieu phosphorique, le diagramme de diffraction est complexe et correspondrait à une impureté superficielle non identifiée ([1]).

Selon H. Raether ([1]) le cuivre poli dans l'acide orthophosphorique, bien qu'il donne un diagramme de métal pur cristallisé, ne se comporte pas comme le cuivre déposé par évaporation sous vide. Celui-ci s'oxyde immédiatement à l'air, alors que le premier peut y séjourner de 2 à 24 heures sans qu'apparaisse le diagramme net de l'oxyde.

Ces observations pourraient s'interpréter par la présence d'impuretés autres que les oxydes, non toujours décelables par les électrons, et provenant de l'adsorption ou de la combinaison, sur la surface du métal, d'un ou plusieurs des constituants de la couche anodique formée au cours de l'électrolyse.

Pour vérifier une telle hypothèse nous avons dosé avec des techniques analytiques de haute sensibilité, dont les détails seront publiés ailleurs, le phosphore sur le cuivre, le zinc et le magnésium très purs, polis dans l'acide orthophosphorique, ainsi que le phosphore et le chrome sur le fer poli dans un mélange des acides phosphorique et chromique.

L'ensemble des résultats (tableau I) montre que la proportion de surfaces non polluées, ou supportant des quantités de phosphore comprises entre certaines limites, varie avec le métal. La possibilité d'obtention d'une surface pure est plus grande pour le cuivre que pour le zinc et apparaît nulle avec le magnésium. Les surfaces de fer ne retiennent ni phosphore, ni chrome.

TABLEAU I.

Métal.	Nombre de spécimens.	Pourcentage de spécimens retenant des quantités de phosphore (exprimées en γ de P_2O_5 par cm^2), de				
		0.	0,025-0,100.	0,125-0,500.	0,525-1,000.	>1,000.
Cuivre........	36	36	22	25	7	11
Zinc..........	46	19	9	56	6	9
Magnésium	6	–	–	–	50	50
Fer...........	15	100	–	–	–	–

Sur le zinc, les teneurs les plus fréquentes en phosphore, exprimées en γ de P_2O_5 par centimètre carré, sont comprises entre 0,105 et 0,500, alors que sur le cuivre les concentrations 0,025-0,100 et 0,105-0,500 se rencontrent à peu près avec la même fréquence. Les surfaces de magnésium seraient les plus chargées, bien que le petit nombre de spécimens ne permette pas de conclusion définitive.

Les méthodes les plus efficaces de lavage des surfaces polies sont : *a*. pour le cuivre, deux lavages de 30 à 60 secondes sous l'eau courante, séparés par

---

([1]) Communication privée : voir aussi *Métaux et Corrosion*, 24, 1949, p. 145.

une immersion de 5 secondes dans l'acide phosphorique à 10 % ; *b*. pour le zinc; l'agitation de la surface dans le bain de polissage, le courant étant interrompu, suivi d'un rinçage à l'eau, ou bien le processus *a* dans lequel l'acide phosphorique est remplacé par la soude à 10 %.

Étant donné que nous ignorons la nature exacte du composé phosphoré retenu sur les surfaces, le calcul de l'épaisseur du film est impossible. En admettant qu'il s'agisse d'orthophosphate, l'épaisseur moyenne la plus probable sur le zinc serait comprise entre 30 et 120 Å, en bon accord avec la valeur minimum 50 Å que Raether (1) admet être nécessaire pour expliquer l'absence de diagramme électronique du métal.

Puisque le fer poli en milieu phosphochromique ne retient ni phosphore ni chrome, mais présente néanmoins l'état passif, cet état ne peut être dû qu'à une pellicule d'oxyde. Compte tenu de récentes observations (2), la présence d'un oxyde en couche mince et continue rendrait compte des remarquables caractéristiques de frottement et d'usure de ces surfaces (3), et peut-être aussi de l'amélioration de la capacité de déformation plastique d'un certain nombre de métaux et alliages après un polissage électrolytique dans des conditions qui favorisent l'oxydation superficielle (4).

D'une manière générale, la présence éventuelle sur les surfaces polies dans les électrolytes visqueux et en l'absence de dégagement gazeux, d'une fraction infime de la couche anodique, est importante à considérer lorsque ces surfaces sont destinées à des études sur les phénomènes d'oxydation, de corrosion, de frottement, d'émission électronique, etc.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Valences du radiophosphore dans les cristaux colorés et décolorés de* NaCl *irradié par des neutrons*. Note de MM. **Pierre Süe** et **Roger Caillat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rapport des valences P^{5+} et $P^{<5+}$ varie suivant que NaCl irradié par des neutrons est traité avant ou après décoloration. C'est ainsi que $P^{5+} = 43$ % en moyenne sur le sel coloré et 30 % en moyenne sur NaCl décoloré.

Nous avons montré dans un récent travail (1) que le radiophosphore formé par la réaction

$$^{35}_{17}\mathrm{Cl}\,(n, p)\,^{32}_{15}\mathrm{P}$$

dans les chlorures alcalins irradiés par les neutrons de la pile de Châtillon est extrait en quantités sensiblement égales à une valence égale à 5 et aux valences plus petites que 5.

---

(2) E. D. Tingle, *Trans. Faraday Soc.*, **46**, 1950, p. 93.

(3) R. Mondon, *Technique et Science aéronautiques*, n° **4**, 1949, p. 186.

(4) R. Halut, Brevet français, n° provisoire **537 818**, juillet 1947; P. A. Jacquet, *Metal Finishing*, **48**, 1950, p. 55.

(1) Caillat et Süe, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1666.

Pour interpréter ces résultats, nous avons proposé en première approximation l'hypothèse suivante : le radiophosphore formé est présent, dans le réseau cristallin localement déformé, à l'état d'ions P^{5+} et $P^{<5+}$.

Par ailleurs, le réseau contient également des électrons associés à des centres F qui donnent au cristal une coloration caractéristique qui disparaît par chauffage; les électrons des centres F sont alors libérés dans le réseau. On peut s'attendre à ce que les ions P^{5+} et $P^{<+5}$ fixent une partie des électrons libérés. Ce fait se traduirait en particulier, après l'extraction du radiophosphore, par un abaissement de la proportion de radiophosphore entraîné par les phosphates.

C'est ce que nous avons vérifié sur des monocristaux de chlorure de sodium obtenus par voie ignée et irradiés par des neutrons.

Dans une première expérience nous avons comparé les proportions de phosphore P^{5+} et $P^{<5+}$ extraites des deux moitiés d'un même cristal irradié 2 jours et 2 nuits. La première moitié est dissoute après l'irradiation, la seconde n'est dissoute qu'après décoloration par un chauffage de quelques minutes à environ 350° C.

Une seconde expérience a été faite, semblable en tous points à la première, mais l'irradiation avait duré 15 jours.

Le tableau ci-dessous des valeurs expérimentales obtenues en suivant le mode opératoire précédemment décrit ([1]) montre un abaissement sensible de la proportion de P^{5+} dans le cristal décoloré.

		Cristal coloré.		Le même décoloré.	
Expérience.	Durée d'irradiation.	P^{5+}.	$P^{<5+}$.	P^{5+}.	$P^{<5+}$.
1re expérience	48 heures	46	61,4	–	–
	»	49,2	63,4	27,4	69,8
	»	42	56	27,2	76,1
2e expérience	15 jours	41	51,5	29	54,5
	Cristal irradié précédemment 48 heures	41	58,6	33	60,5
		40,5	52	34,7	62,5
Moyennes		43	57,1	30,5	64,7
Somme $P^{5+} + P^{<5+}$		100		95,2	

Les valeurs obtenues pour le cristal coloré sont en bon accord avec celles que nous avons précédemment publiées ([1]).

Ces résultats peuvent être considérés comme un appui expérimental à l'hypothèse que nous avons proposée. En effet les électrons, issus des centres F et libérés dans le réseau, se fixeraient sur les ions P^{5+} en les amenant à une valence inférieure à 5.

Ils attirent également l'attention sur l'importance du traitement subi par le cristal après l'irradiation lorsque l'on se propose de déterminer la valence d'extraction de l'élément radioactif qu'il contient.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyseurs photoélectriques pour le dosage des gaz colorés*. Note de MM. **François Bertein**, **Claude Cherrier**, **Léon Verot** et **Richard Wagner**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le principe de fonctionnement d'un tel analyseur est d'une grande simplicité : un tube de verre de longueur convenable, démontable et interchangeable, est monté en dérivation sur la conduite principale des gaz à analyser, une des extrémités du tube est éclairée par une lampe à incandescence; à l'autre extrémité on place une cellule photoélectrique dont les variations de courant, lorsque le tube est traversé par le gaz sont suffisamment amplifiées pour permettre le déclenchement d'un relais d'alarme. La longueur optimum du tube analyseur peut être rapidement déterminée par le calcul en fonction des caractéristiques de l'amplificateur et de la concentration moyenne du gaz à doser.

Nous avons mis au point des appareils de ce genre pour le dosage des gaz colorés suivants :

1° détermination et enregistrement automatique de la teneur en Cl_2 ou NO_2 d'un mélange gazeux;

2° dosage de la teneur en humidité d'un gaz;

3° signalisation du passage dans une conduite d'une quantité d'un de ces gaz supérieure à un taux fixé *a priori*, et déclenchement d'une signalisation permettant l'arrêt immédiat de toute circulation gazeuse dans la conduite sous contrôle.

Pour les gaz indiqués ci-dessus on a intérêt à se placer dans le domaine spectral compris entre 3 500 et 4 000 Å, où nous avons utilisé avec succès des cellules à vide du type RCA 929, 934 et 926. Une méthode différentielle a permis d'éliminer les fluctuations incontrôlables de la lampe d'éclairage du tube; pour cela on utilise une seconde cellule dite de comparaison éclairée directement par la lampe et un second amplificateur identique au premier; on recueille la différence de tension aux bornes des résistances de charge des amplicateurs. Suivant la concentration du gaz à doser, on emploie un amplificateur à courant continu comportant un ou plusieurs étages suivi d'un dispositif à cathode follower permettant d'actionner un relais de faible puissance (de l'ordre de 20 mW). Les mêmes appareils permettent d'alimenter un dispositif enregistreur donnant à chaque instant la composition du mélange gazeux étudié. Le réglage de l'analyseur peut être réalisé soit électriquement (par le réglage de l'amplificateur), soit optiquement par un obturateur placé devant une cellule et permettant l'égalisation des courants photoélectriques.

Voici quelques exemples des résultats obtenus : le dosage du chlore avec un tube d'analyse de 75^{cm} de longueur dans l'intervalle 0-1,5 % (1) permet de

(1) Les % s'entendent en volume.

déceler aisément 0,02 % de chlore et de faire fonctionner un dispositif d'alarme à 0,25 % de chlore.

Pour le dosage du peroxyde d'azote, un appareil identique peut déceler 0,01 % de NO_2 dans l'intervalle 0-0,2 %. Avec un tube de 25^{cm}, l'intervalle est de 0,2 à 12 % ; avec un tube de 8^{mm} il est de 0,5 à 18 %.

On peut aussi étaler l'intervalle de mesure au voisinage d'une concentration moyenne à l'aide d'un dispositif de compensation électrique et de filtres optiques étalonnés préalablement de façon, par exemple, à doser NO_2 dans l'intervalle 10-12 % avec une erreur absolue de 0,02 %.

Pour les analyseurs à NO_2, les tubes peuvent être montés de manière à opérer à des températures constantes comprises entre 0 et 300° en refroidissant les cellules; les étalonnages doivent alors être faits pour les températures d'utilisation.

Pour déterminer la teneur en humidité d'un gaz, on crée un brouillard en faisant circuler le gaz étudié à travers un oléum de titre constant; l'opacité de ce brouillard est analysée de façon continue par un analyseur à cellules du type précédent. On fait circuler l'oléum constamment dans une colonne remplie d'anneaux de Raschig, et l'air humide arrive selon le principe du contre-courant, en bas de la colonne; à la sortie de cette colonne on arrête les grosses particules de brouillard par un filtre de façon à éviter la formation de dépôts sur le tube analyseur, dépôts susceptibles de provoquer une dérive de la tension de sortie. Tout l'appareillage doit être maintenu à température constante à $\pm 0°,5$ et le titre de l'oléum doit être constant pour une température donnée.

L'appareil est réalisé pour doser des teneurs en humidité comprises entre 20 et 200 mg/m³ à 2 % près du maximum de l'échelle avec un tube d'analyse de 25^{cm} de long.

Pour une température de l'ordre de 35° C, le titre de l'oléum en SO_3 est voisin de 5 % ; la consommation journalière en oléum est de 500^{cm^3} environ.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la substitution, dans l'hydroxyapatite, du radical hydroxyle par le chlore ou le fluor, et dans la chlorapatite, du chlore par le fluor.* Note (*) de MM. **Robert Wallaeys** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Pierre Jolibois.

Nous avons préparé, comme dans une étude antérieure (¹), la fluorapatite et la chlorapatite par addition, vers 800°, de fluorure ou de chlorure de calcium au phosphate tricalcique anhydre. L'hydroxyapatite a été obtenue par satura-

(*) Séance du 3 mai 1950.

(¹) G. Chaudron et R. Wallaeys, *Bull. Soc. Chim. France*, fasc. 3, 1949, p. 132 et *Colloque international sur les réactions dans l'état solide*, Paris, 1948, p. 103.

tion à 100° de l'acide phosphorique par de la chaux en suspension aqueuse, puis le précipité était chauffé à 1100° afin d'éliminer complètement l'eau adsorbée. La technique de diffraction des rayons X en rayonnement monochromatique nous a permis d'identifier avec beaucoup de précision chacune de ces apatites (*voir* les diagrammes X de la figure 1).

Si l'on chauffe vers 800° la chlorapatite en présence de fluorure de calcium, il se produit une réaction de substitution correspondant à l'équation suivante :

$$(P_2O_5,\ 3\,CaO)_3Cl_2Ca + F_2Ca \ \rightarrow\ (P_2O_5,\ 3\,CaO)_3F_2Ca + Cl_2Ca.$$

Il apparaît alors du chlorure de calcium soluble dans l'eau et le diagramme de rayons X met en évidence la transformation de la chlorapatite en fluorapatite (*fig.* 1).

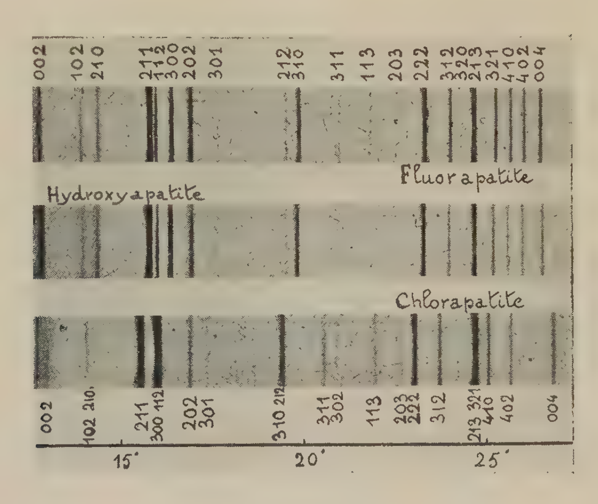


Fig. 1.

De même, dans l'hydroxyapatite on peut également remplacer, aux environs de 800°, le groupement $Ca(OH)_2$ par le groupement Cl_2Ca. On doit opérer dans l'azote sec ou dans le vide phosphorique afin d'éviter des réactions secondaires dont nous aurons l'occasion de parler dans une publication ultérieure. La réaction peut s'écrire de la manière suivante :

$$(P_2O_5,\ 3\,CaO)_3Ca(OH)_2 + Cl_2Ca \ \rightarrow\ (P_2O_5,\ 3\,CaO)_3Cl_2Ca + CaO + H_2O.$$

On notera l'apparition de chaux libre. Les diagrammes de l'hydroxyapatite et de la chlorapatite (*fig.* 1), très différents l'un de l'autre, mettent nettement en évidence cette transformation.

On peut également effectuer la substitution dans l'hydroxyapatite par le fluorure de calcium :

$$(P_2O_5,\ 3\,CaO)_3Ca(OH)_2 + F_2Ca \ \rightarrow\ (P_2O_5,\ 3\,CaO)_3F_2Ca + CaO + H_2O.$$

On constate après la réaction l'apparition de l'alcalinité due à la mise en liberté de chaux libre, mais dans ce cas les diagrammes de l'hydroxyapatite et de la fluorapatite sont assez voisins; le changement de phase ne fait pourtant aucun doute, car si l'on fait des mesures de paramètre cristallin par rapport au chlorure de sodium pris comme étalon, on constate une différence de 0,05 Å pour le paramètre *a* de l'hydroxyapatite par rapport à celui de la fluorapatite? Or les mesures sont reproductibles à 0,001 Å près.

De plus, l'exactitude de l'équation précédente a été démontrée au moyen de la pesée continue à la thermobalance en température croissante (*fig.* 2).

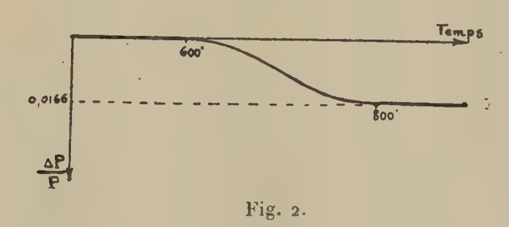


Fig. 2.

A partir de 600°, on observe une perte de poids progressive qui révèle le départ de l'eau de constitution de l'hydroxyapatite au fur et à mesure de la substitution. On a constaté que ce départ d'eau était quantitatif et qu'il donne ainsi la meilleure méthode pour distinguer l'hydroxyapatite d'une éventuelle oxyapatite. Cette dernière réaction nous a montré en effet que par chauffage au delà de 1000° l'hydroxyapatite était stable et qu'il n'apparaissait pas d'oxyapatite, contrairement aux conclusions de plusieurs auteurs (2), (3), (4). Nous avions du reste posé nous-mêmes ce problème de l'existence de l'oxyapatite dans un Mémoire antérieur (1).

Il est important de constater que les substitutions que nous venons d'étudier peuvent être effectuées partiellement, et qu'il est alors possible de préparer de nouvelles apatites mixtes chlor-hydroxyapatites et fluor-hydroxyapatites qui viennent ainsi compléter la liste des composés mixtes comme les fluor-chlor-apatites que nous avions déjà signalées (1).

Enfin, ces réactions de substitution montrent que l'on peut classer dans les conditions de nos expériences les trois apatites étudiées par ordre de stabilité relative croissante : hydroxyapatite, chlorapatite et fluorapatite.

---

(2) HENDRICKS JEFFERSON et MOSLEY, *Z. Kristallogr.*, 81, 1932, p. 352.

(3) BRÉDIG, FRANK et FULDNER, *Z. Elektrochem.*, 38, 1932, p. 158 et 39, 1933, p. 959.

(4) MAC INTYRE PALMER et MARSHALL, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 1945, p. 164.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse asymétrique par échange fonctionnel. Cas de l'acide phénylglyoxylique et de son ester menthylique opposés au menthol.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Albert Antonini**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique $C_6H_5-CO-CO_2H$ par le menthylate $C_{10}H_{19}OMgBr$ donne un acide mandélique $C_6H_5-CHOH-CO_2H$ actif [α] 54° (1). On a donc ainsi une synthèse asymétrique par échange fonctionnel. Il en est de même si l'on remplace l'acide par son ester menthylique; on obtient un acide mandélique [α] 66°. Les taux de synthèse asymétrique sont respectivement de 33 et 41 %.

Dans une Note récente de MM. von Dœring et R. W. Young (2) sur *la réduction de Meerwein, Ponndorf, Verley partiellement asymétrique*, ces auteurs ont fait l'hydrogénation de la 6-méthyl-2 heptanone par le butanol-2 actif et celle de la méthylcyclohexylcétone par le 3-méthyl-2 butanol actif et obtenu l'alcool correspondant à la cétone avec un pouvoir rotatoire de 0°,56 et 1°,03. Ceci nous amène à publier certains des résultats que nous avons obtenus dans une étude analogue, bien que celle-ci soit encore incomplète. Nous ne décrirons ici que l'hydrogénation de l'acide phénylglyoxylique et de son ester menthylique par le menthylate de bromomagnésium.

Préparation de l'acide phénylglyoxylique. — Celle qui nous a donné les meilleurs résultats consiste à faire réagir le magnésien du bromobenzène sur l'oxalate diéthylique

$$C_6H_5MgBr + CO_2C_2H_5-CO_2C_2H_5 \rightarrow C_6H_5COCO_2C_2H_5 + C_2H_5OMgBr,$$

méthode déjà employée en série grasse par Th. Wieland (3).

Le rendement en ester est bon (environ 80 %) à condition d'employer un notable excès d'oxalate, 4 à 5^{mol} pour une, et d'éviter toute élévation de température. On obtient un ester E_{15} 145-148° qui donne un acide E_{15} 163-167°. Celui-ci, après cristallisation dans un mélange benzène éther de pétrole, fond nettement à 67°.

Préparation du menthylate de bromomagnésium. — On fait tomber peu à peu sur un excès de magnésium un mélange équimoléculaire de bromobenzène et de menthol [α] — 51°,5 en solution dans l'éther. Le titrage à l'acide sulfurique indique un rendement variant suivant les expériences de 90 à 95 %.

Hydrogénation. — On ajoute la solution de menthylate à l'acide phénylglyoxylique dissous dans l'éther. Il se fait d'abord un précipité qui se redissout ensuite. Il convient d'employer un excès de menthylate, 3^{mol} pour 1 d'acide au

(1) Tous les pouvoirs rotatoires sont pris pour λ 578, dans l'alcool C 0,05.

(2) *Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 631.

(3) *Ber.*, 81, 1948, p. 314.

lieu de 2 théoriquement nécessaires : une pour la formation du sel et une pour l'hydrogénation de la fonction cétone, cette deuxième molécule de menthylate étant elle-même transformée en menthone $C_{10}H_{18}O$.

$$C_6H_5-CO-CO_2H + 2C_{10}H_{19}OMgBr$$
$$\rightarrow C_6H_5-CHOMgBr-CO_2MgBr + C_{10}H_{18}O + C_{10}H_{19}OH.$$

On suit l'hydrogénation en dosant, sur une prise d'essai, la menthone formée, à l'aide du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de bleu de bromophénol.

A la fin de la réaction, qui est très lente à la température ordinaire, on libère les acides et le menthol par ClH dilué, puis de la solution éthérée on extrait le mélange d'acides par la soude 5 N. On lave soigneusement la solution aqueuse à l'éther pour enlever tout corps neutre actif, puis l'on revient aux acides.

Une expérience portant sur 15^g d'acide phénylglyoxylique et 47^g de menthol a donné, au bout d'un mois à 30°, 13^g,2 d'acide brut $[\alpha]+48°,7$, contenant, d'après le dosage de la menthone formée, environ 90 % d'acide mandélique, soit pour celui-ci un pouvoir rotatoire de 54° au lieu de 160° pour l'acide optiquement pur.

Le taux de synthèse asymétrique est donc de 33 %, *soit* 2^{mol} *de droit pour* 1 *de gauche.*

Un autre essai de synthèse asymétrique a été fait par le même procédé, *sur le phénylglyoxylate de menthyle.*

On obtient cet ester par mentholyse du phénylglyoxylate d'éthyle : on mélange, molécule à molécule, les solutions éthérées de l'ester éthylique et du menthylate de bromomagnésium. Il se produit un échauffement très net. Au bout de quelques minutes, on ajoute de la glace et ClH dilué, on sèche la solution éthérée sur SO_4Na_2 et distille sous vide; après une nouvelle rectification le phénylglyoxylate de menthyle distille à 212-213° (non cor.) sous 13^{mm}. Par cristallisation dans l'éther de pétrole on obtient de beaux cristaux F 73°, $[\alpha]-45°,7$.

Dans une expérience, le mélange d'une molécule d'ester et 2^{mol} de menthylate est abandonné pendant 26 jours à 30°. On obtient un mélange d'esters $[\alpha]-90°,3$. Un dosage de H mobile par CH_3MgI donne une proportion de 79 % de mandélate. Après saponification on a un mélange d'acides $[\alpha]-52°4$, ce qui donne pour l'acide mandélique formé $[\alpha]-66°$, *soit un taux de synthèse asymétrique de* 41 %.

Remarque. — Dans cette seconde synthèse, la cause d'asymétrie est double : celle qu'apporte l'hydrogénant et celle qui est due à la présence, dans la molécule, du radical menthyle. Cette seconde cause est suffisante à elle seule : l'hydrogénation du phénylglyoxylate de menthyle par l'éthylate de bromomagnésium nous a donné, en effet, un acide légèrement actif $[\alpha]-12°$.

Par ailleurs, nous avons pu réaliser des synthèses asymétriques sur d'autres

couples : phénylglyoxylates de méthyle, d'éthyle, de bornyle racémique, napthylglyoxylate d'éthyle, hydrogénés par le menthylate, et phénylglyoxylate d'éthyle hydrogéné par le néomenthylate, le bornylate et l'isobornylate de bromomagnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les alcools γ-acétyléniques : le pentyne-4 ol-1*. Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

On décrit l'hydratation du pentyne-4 ol-1 en acétopropanol, son oxydation, en décadi-yne-4-6 diol-1-10, sa condensation avec le méthanal seul en hexyne-2 diol-1-6, avec le méthanal et la diéthylamine en diéthylamino-1 hexyne-2 ol-6. La cyclisation du pentyne-4 ol-1 conduit à un mélange de méthényl-2 tétrahydrofuranne et de méthyl-2 dihydrofuranne.

Nous avons indiqué récemment (1) une nouvelle méthode de préparation du pentyne-4 ol-1, qui nous a permis d'obtenir facilement, et en quantité notable, cet alcool acétylénique, auquel la nature et la position relative de ses deux fonctions confèrent un intérêt particulier.

Contrairement à son éther méthylique (2), le pentyne-4 ol-1 est facilement oxydable en milieux *aqueux* par la technique de W. Reppe (3). Agitée en effet dans une atmosphère d'oxygène, une solution de pentynol (17^g), de chlorure cuivreux (6^g) et de chlorure d'ammonium (20^g) dans l'eau faiblement chlorhydrique (eau : 65^g; ClH concentré : $0^{cm^3},5$), absorbe 1250^{cm^3} de gaz en 70 minutes :

$$2\,HO(CH_2)_3{-}C{\equiv}CH + O \;\rightarrow\; H_2O + HO{-}(CH_2)_3{-}C{\equiv}C{-}C{\equiv}C{-}(CH_2)_3{-}OH.$$

Le *décadi-yne*-4-6 *diol*-1-10 est obtenu ainsi avec un rendement presque théorique. Il fond à 46° (trouvé %, C 72,5; H 8,75). Sa diphényluréthane fond à 126° (trouvé %, N 7,00). Hydrogéné en présence de nickel Raney (T = 20°, P = 100^{at}), il conduit au *décanediol*-1-10 (Rdt 70 %), caractérisé par son point de fusion (F 72°), par sa diphényluréthane (F 144°; trouvé %, N 6,75), et par son oxydation nitrique en *acide sébacique* (Rdt 88 %).

L'hydratation du pentynol se fait aisément en chauffant à 60-65° l'alcool avec deux fois son poids d'une solution aqueuse à 4 % de sulfate mercurique. On obtient avec un rendement de 73 % la *propanol*-1 *one*-4 (E_{15} 98-99°; dinitrophénylhydrazone : F 150°) :

$$HC{\equiv}C{-}(CH_2)_3OH + HOH \;\rightarrow\; CH_3{-}CO{-}(CH_2)_3OH$$

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1473.

(2) R. Paul et O. Riobé, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1185.

(3) I. G. Farben, Brevet français, 879.274 du 13 juin 1945.

Vis-à-vis des aldéhydes, le pentynol se comporte exactement comme le propynol. Par exemple, une solution de pentynol dans son poids de formol à 30 %, chauffée durant 5 heures à 100-110° (sous pression d'azote) avec un peu d'hydroxyde cuivreux, conduit à l'*hexyne*-2 *diol*-1.6, liquide peu mobile bouillant à 145-147° sous 4^{mm}. (D_4^{22} 1,082; N_D^{22} 1,48770; trouvé %, C 63,70; H 9,05)

$$CH_2O + HC\equiv C-(CH_2)_3OH \xrightarrow{CuOH} HOCH_2-C\equiv C-(CH_2)_3OH.$$

De même, on a obtenu le *diéthylamino*-1 *hexyne*-2 *ol*-6 (E_3 117-119°; trouvé %, N 8,55; Rdt 69 %) en chauffant 4 heures à 40-50°, sous pression d'azote, une solution acétique diluée (eau: 20^{cm^3}, acide acétique: 0,183 M), de pentyne-4 ol-1 (0,2 M), de méthanal à 40 % (0,21 M) et de diéthylamine (0,2 M), en présence de chlorure cuivrique :

$$(C_2H_5)_2NH + CH_2O + HC\equiv C-(CH_2)_3OH \rightarrow (C_2H_5)_2N-CH_2-C\equiv C-(CH_2)_3OH.$$

Par hydrogénation à la température ordinaire, on obtient comme produit principal le *diéthylamino*-1 *hexanol*-6 bouillant à 139-140° sous 20^{mm}.

Enfin, la facilité avec laquelle les alcools γ-éthyléniques se cyclisent en dérivés tétrahydrofuranniques ([4])

$$CH_2=CH-(CH_2)_3OH \rightarrow \underbrace{CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH_2}_{O}$$

et l'aptitude des triples liaisons à fixer une molécule d'alcool, en présence d'alcoolates métalliques nous ont fait considérer comme possible une cyclisation du pentyne-4-ol-1.

Effectivement, celle-ci se produit par distillation lente de l'alcool sur un peu d'amidure de sodium. Déjà au bout de deux distillations, on constate que près de 40 % du pentynol ont été cyclisés en un mélange de méthényl-2 tétrahydrofuranne et de méthyl-2-dihydro-4.5-furanne (isomère stable du précédent)

$$HC\equiv C-(CH_2)_3OH \rightarrow \underbrace{CH_2=C-CH_2-CH_2-CH_2}_{O} \rightarrow \underbrace{CH_3-C=CH-CH_2-CH_2}_{O}$$

Ce mélange, qui distille de 82 à 100°, est hydrolysé quantitativement en acétopropanol, par simple agitation à la température ordinaire avec de l'acide sulfurique N/10.

([4]) R. PAUL et H. NORMANT, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 11, 1944, p. 365.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la basicité de quelques amines aromatiques : additivité des effets de plusieurs substituants; influence du radical phényle.* Note de MM. **Fernand Kieffer** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

La mesure des pK_H de quelques amines bisubstituées confirme approximativement (à ± 0,15 unité près) la règle d'additivité des effets des substituants. Les basicités des trois aminobiphényles indiquent une influence faible ou nulle de la mésomérie entre les deux noyaux, et une prépondérance des effets électrostatiques dus à la substitution du radical phényle à un atome d'hydrogène de l'aniline.

On sait que, dans les acides aromatiques, l'influence totale de plusieurs substituants sur le cologarithme de la constante de dissociation (pK_H) est généralement à peu près égale à la somme des effets qu'exerceraient les différents substituants pris isolément. Pour les amines aromatiques, les données sont moins nombreuses : nous avons voulu, d'une part, vérifier dans quelques cas nouveaux la validité de cette règle d'additivité; d'autre part, préciser les idées admises sur le rôle de la mésomérie, en étudiant le cas des trois mono-aminobiphényles.

Dans ce but, nous avons déterminé, par titrage électrométrique à l'aide d'une électrode de verre, les constantes de dissociation de divers ions ammonium, à ± 0,05 unité de pK près. La plupart de ces amines étant très peu solubles dans l'eau, sauf indication contraire, les constantes, données dans le tableau suivant, sont le résultat d'une extrapolation des valeurs obtenues dans des solutions hydro-alcooliques de moins en moins riches en alcool. Alors que la courbe d'extrapolation est parfaitement régulière pour le *m*-aminobiphényle, celles des dérivés ortho et para présentent des irrégularités : comme l'ont déjà constaté N. F. Hall et M. R. Sprinkle (¹), elles s'aplatissent pour de fortes teneurs en alcool. D'autre part, les valeurs pour 15-20 % d'alcool sont anormalement basses. Il en est de même, à un moindre degré, dans un certain nombre d'autres cas (amino-5 hydrindène, *o*-xylidines-3 et 4) où nous avons pu déterminer le pK_H directement en solution aqueuse. Ce fait est vraisemblablement dû à une irrégularité dans la perturbation des associations intermoléculaires. Quoi qu'il en soit, pour obtenir une extrapolation correcte, il est souvent préférable de partir des valeurs trouvées dans des solvants de teneurs en alcool comprises entre 20 et 50 %.

Les résultats concordent généralement avec ceux du calcul par additivité, à 0,15 unité près où même mieux.

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469-3485.

Amines étudiées.	Concentrations.	Températures.	pK$_H$ trouvés.	pK$_H$ calculés (*).
Amino-4 diméthyl-1.2 benzène	M/100	17°	5,33 (**)	5,30
Amino-3 diméthyl-1.2 benzène	M/100	17	4,75 (**)	4,60
Dibromo-3.5 aniline	M/200	16	(2,6)	2,55
Dibromo-2.4 aniline	M/200	15	(2,3)	2,05
Dibromo-3.5 paraphénylènediamine	M/200	15	(4,0) (***)	4,0
Nitro-2 amino-4 toluène	M/200	17	3,05 (**)	3,2
Amino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène	M/100	17	5,20	(5,30)
Amino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène :				
bromé A	M/200	16,5	3,05	3,2
bromé B	M/200	17	3,05	3,2
o-aminobiphényle	M/250	18	3,85	–
m-aminobiphényle	M/200	17	4,28	–
p-aminobiphényle	M/200	18	4,38	–

(*) Valeurs calculées par additivité, à partir des pK$_H$ de l'aniline et de ses dérivés monosubstitués; (**) mesure directe en solution aqueuse; (***) une seule mesure dans l'alcool à 30 %.

Dans le cas des deux dibromanilines étudiées, nous avons trouvé des valeurs difficiles à extrapoler, car la faible basicité et le manque de solubilité de ces corps dans l'alcool dilué obligent à faire des corrections importantes qui risquent d'aggraver l'erreur expérimentale. Nos résultats approximatifs d'extrapolation indiquent cependant que, par rapport à l'aniline, la diminution de basicité observée est de l'ordre de grandeur prévu.

Nous avons appliqué la règle d'additivité à la détermination de la position du brome dans deux amines monobromées obtenues à partir de l'acétylamino-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène : A, F 52°,5; B, F 53°; Mélange A + B, F 42 — 45°. Les pK$_H$ que nous trouvons pour ces corps correspondent à l'effet du brome en ortho par rapport à la fonction amine, en 5 ou en 7 respectivement. Pour l'amine bromée en 8, l'additivité ferait prévoir un pK$_H$ nettement plus élevé : 4,1.

Les pK$_H$ des amino-2 et -4 biphényles avaient déjà été déterminés par Hall et Sprinkle ([1]) qui donnent, à 25°, respectivement 3,78 et 4,27. Compte tenu du coefficient de température (environ —0,013 par degré), nos valeurs concordent bien avec les leurs, mais l'interprétation en est difficile, car il n'est pas certain que l'encombrement stérique soit sans action dans le cas du dérivé ortho. Cette difficulté n'intervient pas lors de la comparaison des dérivés méta et para. D'après les indices de valence libre calculés ([2]) pour le carbure non substitué (0,138 en ortho et en para, 0,105 en méta), on pouvait s'attendre à ce que la mésomérie entre les deux noyaux diminue surtout la basicité en para. Nous avons cependant constaté que c'est le dérivé méta qui est

---

([2]) A. Pullman, *Annales de Chimie*, 2, 1947, p. 5.

le moins basique des deux. Pour les trois isomères, les différences observées par rapport à l'aniline suggèrent l'idée d'une prépondérance des effets électrostatiques, résultant du remplacement d'un hydrogène par un noyau phényle dont le caractère acidifiant est dû à la forte électronégativité du carbone aromatique. En effet, l'influence de ce noyau est presque la même que dans la série des phénylalcoylamines et décroît régulièrement en fonction de la distance : CH_3NH_2 : $pK_H = 10,64$; $C_6H_5(CH_2)_nNH_2$: $pK_H = 9,83$ si $n = 2$; $10,20$ si $n = 3$; $10,40$ si $n = 4$; d'après Hall et Sprinkle [1]. Lorsque les deux noyaux du biphényle sont dans un même plan, l'effet énergétique de la mésomérie entre ces cycles n'atteint que 8^{kcal}; il n'est donc pas exclu que, dans les solutions étudiées, cette mésomérie soit diminuée ou même supprimée par suite d'une non-coplanéité de la molécule. S'il n'en est pas ainsi, nos résultats montrent que les variations d'indice de valence libre ont peu d'influence sur la basicité des dérivés aminés.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *La détermination des structures cristallines à partir du diagramme de Patterson.* Note (*) de MM. **José Clastre** et **Robert Gay** présentée par M. Charles Mauguin.

Les auteurs présentent une nouvelle méthode pour déterminer les structures cristallines sans connaître les phases des facteurs de structure.

L'intégrale de Patterson

$$P(u, v) = \frac{1}{ab} \int_{x=0}^{b} \int_{y=0}^{a} f(x, y)\, f(x+u, y+v)\, dx\, dy$$

permet de définir une fonction $P'(u, v)$, que nous appellerons *fonction de distribution* des pics de Patterson. On peut construire cette fonction à partir de la *fonction de distribution* $f'(x, y)$ des atomes du cristal (atomes et pics sont considérés comme ponctuels), en superposant à elle-même après translations, la fonction de distribution atomique, autant de fois qu'il y a d'atomes dans la maille, en faisant coïncider chaque fois un atome différent avec un point fixe qui sera l'origine Ω de l'espace de Patterson.

Le problème inverse : déterminer la fonction de distribution atomique connaissant la fonction de distribution des pics de Patterson, peut être résolu de la façon suivante : on superpose à elle-même la fonction de distribution $P'(u, v)$ un certain nombre de fois, en lui faisant subir chaque fois une translation, de façon à faire coïncider avec un même point fixe un pic différent de $P'(u, v)$. On observe à chaque superposition, un certain nombre de coïnci-

(*) Séance du 15 mai 1950.

dences. On élimine les pics qui ne participent pas à ces coïncidences. Si les pics superposés au point fixe sont convenablement choisis, les éliminations n'affectent que les pics étrangers à la structure. Au bout d'un certain nombre de superpositions, la structure apparaît seule. Si l'élément de symétrie le plus élevé de la structure est pair (centre de symétrie, axe binaire, miroir, plan de glissement, axe quaternaire), nous avons reconnu qu'il *suffit de superposer une fois la fonction de distribution de Patterson à elle-même, en faisant coïncider deux pics correspondant à deux atomes en position générale, symétriques par rapport à un centre de la structure, pour déterminer entièrement la structure.* On choisit toujours l'origine de la fonction de Patterson comme premier pic; le choix du second pic est facilement déterminé d'après le groupe de symétrie de la structure.

Il faut deux superpositions pour faire apparaître une structure à axe ternaire.

M. J. Buerger [1] a présenté une méthode d'investigation systématique de la fonction de Patterson (Vector Sets) qui permet également de déterminer les positions des atomes en effectuant $(n-1)$ opérations géométriques sur la distribution de Patterson ($n =$ nombre d'atomes dans la maille). Nous aboutissons au même résultat après une seule translation (ou deux) *quel que soit le nombre d'atomes dans la maille.*

Ces méthodes montrent que *la détermination des phases* des facteurs de structure $F(hkl)$ n'est pas nécessaire pour atteindre la fonction $f(x, y)$ définissant la densité électronique.

Ceci s'explique si l'on considère que $f(x, y)$ est une fonction qui n'est jamais négative. A cette fonction doit correspondre une certaine combinaison des signes des termes $F(hkl)$ et une seule, et le changement de signe de l'un des termes suffit à créer des régions négatives, impossibles dans une structure cristalline.

Nous obtenons photographiquement au Laboratoire des projections ou des sections de la fonction de Patterson, par diffraction optique du réseau polaire [2]. Le cliché est superposé à lui-même photographiquement après translations convenables, et la structure apparaît seule, formée de pics intenses noyés dans un fond moutonné, légèrement lumineux. Ceci provient du fait que les atomes ne sont pas ponctuels.

---

(1) *Vector Sets, Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 87-97.

(2) W. L. Bragg, *The X-Ray microscope, Nature* (Londres), 149, 1942, p. 470-471.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la détermination des structures cristallines au moyen de la transformée de Patterson.* Note (*) de M. **Jules Garrido**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une structure cristalline comportant N atomes dans la maille peut être décrite par N — 1 vecteurs : $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3, \vec{v}_4, \ldots, \vec{v}_{N-1}$, qui vont de l'un des atomes aux N — 1 autres, plus les trois vecteurs $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ qui expriment le réseau.

La transformée de Patterson d'une telle structure comprend un ensemble de maxima (*pseudoatomes*) qui se répètent périodiquement par les opérations d'un réseau identique à celui du cristal. Les *pseudoatomes* existant dans une maille sont placés aux extrémités des $N^2 - N + 1$ vecteurs obtenus en faisant toutes les différences possibles entre les N — 1 vecteurs qui déterminent la structure :

o	$\vec{v}_1$	$\vec{v}_2$	$\vec{v}_3$	...	$\vec{v}_{N-1}$
$-\vec{v}_1$	o	$\vec{v}_2-\vec{v}_1$	$\vec{v}_3-\vec{v}_1$	...	$\vec{v}_{N-1}-\vec{v}_1$
$-\vec{v}_2$	$\vec{v}_1-\vec{v}_2$	o	$\vec{v}_3-\vec{v}_2$	...	$\vec{v}_{N-1}-\vec{v}_2$
....	......	.	......	...	....
$-\vec{v}_{N-1}$	v_1-v_{N-1}	v_2-v_{N-1}	$\vec{v}_3-\vec{v}_{N-1}$	...	o

Les vecteurs d'une même ligne (ou colonne) du tableau définissent complètement la structure à un changement d'origine (ou une inversion) près.

Supposons maintenant une transformée de Patterson d'un cristal à structure inconnue. Si l'on arrive à distinguer dans l'ensemble des vecteurs de la transformée ceux qui correspondent à une même colonne ou à une même ligne du tableau on aura suffisamment de données pour reconstruire la structure du cristal. Ceci peut être fait en tenant compte de la considération suivante :

Deux vecteurs de la transformée qui se trouvent sur une même colonne ou sur une même ligne horizontale du tableau donnent par différence un vecteur qui se trouve aussi sur le tableau, tandis que deux vecteurs qui ne sont pas placés sur une même ligne ou colonne donnent par différence un vecteur qui, *en général*, n'existe pas sur la transformée de Patterson.

Prenons donc dans la transformée de Patterson un vecteur quelconque correspondant à un pseudoatome différent de l'origine, et faisons les différences vectorielles avec tous les autres vecteurs de la transformée, tous les vecteurs qui donneront des vecteurs-différence, égaux à un autre des vecteurs de la transformée seront des vecteurs placés les uns sur une même colonne, les autres sur une même ligne du tableau que le vecteur qui a été choisi.

On obtient ainsi une *transformée réduite* qui possède seulement 2 N — 1 pseudoatomes.

(*) Séance du 15 mai 1950.

Faisons maintenant la même opération avec la *transformée réduite*, prenons sur celle-ci un vecteur quelconque différent de celui précédemment choisi et faisons de nouveau les différences vectorielles avec les autres 2 N — 2 vecteurs de la *transformée réduite*, les vecteurs de cette transformée qui donnent des vecteurs différence qui sont des vecteurs de la transformée de Patterson, seront des vecteurs de la même ligne ou colonne que celui qui a été choisi. On aura ainsi le moyen de distinguer dans l'ensemble des 2 N — 1 vecteurs de la transformée réduite, les N vecteurs qui correspondent à la même colonne, des autres N qui correspondent à la même ligne horizontale.

Dans le cas de deux dimensions (section plane de l'espace de Patterson ou projection sur un plan), on peut employer une méthode graphique. On dessine sur du papier transparent la position des pseudoatomes. Le dessin est placé sur un dessin identique décalé d'un vecteur $\vec{v}$ correspondant à un pseudoatome. Les pseudoatomes qui coïncident dans les deux dessins ainsi placés, sont les pseudoatomes de la *transformée réduite* définie par $\vec{v}$. On répète l'opération avec un dessin qui contient seulement les pseudoatomes de la transformée réduite et les nouvelles coïncidences avec des pseudoatomes de la transformée, donnent la position des atomes sur la projection plane de la structure.

Deux remarques s'imposent :

1° Quand il existe des atomes de natures différentes, les pseudoatomes de la transformée de Patterson ont des importances différentes. Il peut arriver que certains pseudoatomes soient difficilement décelables et que, par conséquent, on ne puisse pas arriver à déterminer tous les pseudoatomes de la transformée réduite. Étant donné que le nombre et la nature des différents atomes existant dans la maille peuvent être déterminés facilement, on discutera dans chaque cas particulier les sources d'erreurs possibles dues à cette circonstance. On peut aussi employer la méthode en utilisant seulement les pseudoatomes les plus importants qui correspondent à des vecteurs interatomiques entre les atomes les plus lourds de la structure; on détermine ainsi la position de ces atomes.

2° Il est possible, par suite de coïncidences fortuites entre les vecteurs de la transformée et leurs différences, de trouver plus de 2 N — 1 pseudoatomes pour la transformée réduite. Il faut tenir compte du fait que la transformée réduite peut être obtenue de $N^2 - N$ façons différentes et que les coïncidences fortuites ne seront pas toujours les mêmes. Il sera par conséquent utile d'obtenir la *transformée réduite* par plusieurs chemins différents et de comparer les structures trouvées.

Remarques de M. **Charles Mauguin.**

Sur les Notes de M. J. Garrido *et de* MM. Clastre *et* Gay.

L'analyse d'une structure cristalline comporte la détermination des vecteurs a_1, a_2, ..., a_n, qui vont d'un point pris pour origine aux n atomes de la

maille. Or ce ne sont pas ces vecteurs que fournit la diffraction des rayons X, mais leurs différences premières $a_\alpha - a_\beta (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n)$ (Patterson). Il s'agit à partir de ces différences premières de remonter aux vecteurs eux-mêmes.

Ce problème a fait l'objet d'un Mémoire récent de Buerger ([1]). C'est à lui aussi que sont consacrées, la Note de M. J. Garrido et celle de MM. Clastre et Gay.

Bien que ces deux auteurs n'apportent pas de résultats fondamentalement différents de ceux de Buerger, j'ai cru devoir présenter leurs Notes à l'Académie, parce qu'elles ne manquent pas d'une certaine originalité dans la façon d'envisager le problème, et aussi, pour attirer l'attention des cristallographes et mathématiciens sur une question dont l'étude est loin d'être épuisée. Les solutions proposées résultent de l'observation de coïncidences que j'appellerai normales, entre différences premières et différences secondes. Le problème peut être compliqué par des coïncidences fortuites dont l'étude reste à faire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence, à travers la Limagne, d'une morphologie en rapport avec le rejeu tertiaire de plis d'âge Post-Dinantien et Anté-Stéphanien.* Note (*) de M. **Jean Dautry**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Dans une Note du 22 juin 1948 à la Société Géologique de France, nous signalions le rejeu Tertiaire certain de plis dirigés ENE-WSW dans la partie septentrionale du Massif Central français. Aujourd'hui, nous attirons l'attention, sur le plan purement morphologique, des différents aspects que nous avons cru pouvoir distinguer à travers la Limagne, et qui sont les suivants, en allant du Nord au Sud.

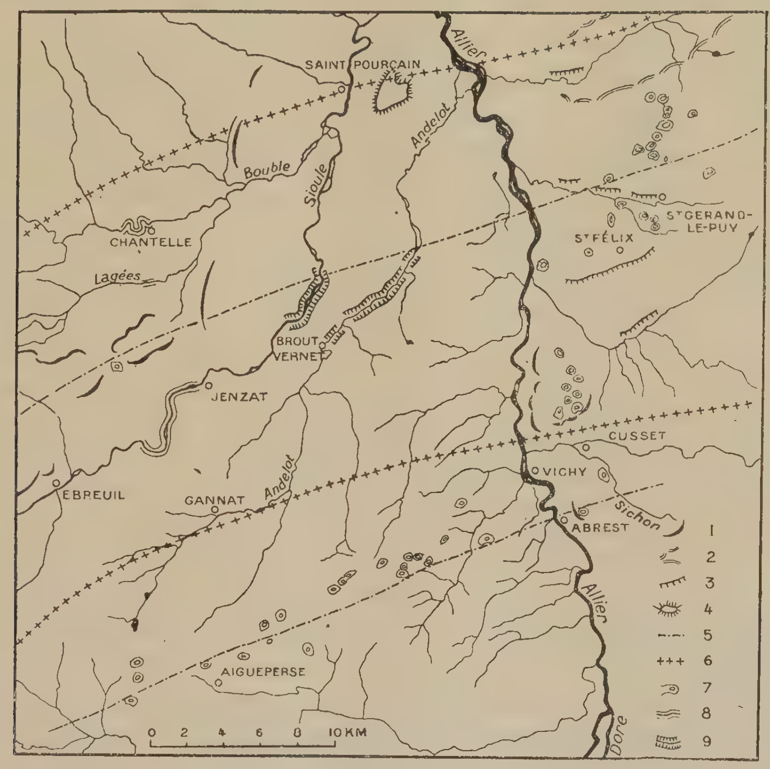
En premier lieu, sur la direction anticlinale WSW-ENE entre le massif de La Bosse (Nord-Ouest d'Ébreuil) et le granite de Chatelperron (Nord de Lapalisse), d'un relief tabulaire (309 à 314^m), élément de plateau provenant d'une surface d'aplanissement datant de la fin du Miocène et du début du Pliocène, se trouvant à l'Est immédiat de Saint-Pourçain-sur-Sioule. A sa suite, à l'Est de Varenne-sur-Allier, d'une boutonnière presque fermée à l'aval, dominée au Nord et au Sud par des talus monoclinaux, et provenant de l'évidement de cet anticlinal, après son aplanissement.

En second lieu, liées à la zone synclinale Menat-Ébreuil-Lapalisse, d'une série de *cuestas* ayant 440 à 420^m d'altitude, séparant le bassin Oligocène d'Ébreuil en deux parties, et formant, au Sud de Chantelle, une dépression périphérique subséquente de 3 à 7^{km} de largeur. Plus à l'Est, cette zone

(1) *Acta Crystallographica*, 3, 1950, p. 87-97.

(*) Séance du 13 mars 1950.

synclinale se traduit par un épaississement des sables du Bourbonnais et même des alluvions anciennes (rejeux Pliocène probables) à travers lesquels les deux seuls cours d'eau ayant traversé cette zone, Sioule et Andelot, s'encaissent brusquement, cependant que la pente des profils longitudinaux s'atténue.



1, fronts de Cuestas; 2, zone anticlinale évidée en boutonnière; 3, talus monoclinaux; 4, relief résiduel sur anticlinal; 5, aire synclinale; 6, aire anticlinale; 7, buttes sur synclinaux; 8, épigénie (Sioule, Bouble, Lagées); 9, encaissement dans la zone synclinale. Échelle : 1/300 000. Largeur de la carte : 13^cm.

Dans le massif ancien plus à l'Ouest, l'épigénie de la Sioule, entre Jenzat et Ébreuil, s'explique par ce fait aisément (zone en voie d'affaissement au cours du Tertiaire). Enfin, entre Aigueperse et Abrest-Le Vernet (Sud de Vichy), nous avons reconnu, alignées suivant une aire synclinale de même direction qui passe au Sud de la précédente, une série de buttes-témoins (440 à 380^{m}) de reliefs anciens jadis sans doute continus, et qui forment aujourd'hui des collines de part et d'autre desquelles s'oriente :

au Nord : le réseau de l'Andelot et de la Sioule;

au Sud : le réseau allant à la Morges.

Nous avons donc affaire ici à une véritable inversion des reliefs, rattachant les plateaux calcaires à l'Ouest d'Aigueperse aux restes d'Oligocène effondrés du Vernet (430^{m}). C'est également à l'intérieur de cette aire que sont conservés les cailloutis du Pliocène de Randan et de la forêt de Montpensier, correspondant à l'affaiblissement de pente actuel de l'Allier dans cette région.

Les altitudes à peu près similaires (380 à 440^m), la présence, au sommet des marnes du Stampien inférieur, de bancs de grès et de blocs recimentés contenant des morceaux de calcaires à Phryganes, permettent de concevoir la possibilité, dans cette partie de la Limagne, d'une surface d'aplanissement Mio-Pontienne, déformée sur les bords, et inclinée vers le Nord, avec buttes résiduelles en rapport, grâce aux rejeux Tertiaires du tréfond, avec une influence des directions Hercyniennes des plis ENE-WSW.

La reconnaissance de ces aspects permet de fixer la valeur d'une méthode d'investigation purement morphologique, qui vient indirectement confirmer et renforcer les données géologiques partout ailleurs reconnues.

GÉOPHYSIQUE. — *La formation des continents et des forces géodynamiques.* Note (*) de M. **Mathias Matschinski**, présentée par M. Charles Maurain.

Le refroidissement de la Terre entraîne la formation d'une écorce et cette formation provoque un échauffement faible, mais qui joue un rôle important. Les forces ainsi nées sont plus que suffisantes pour fractionner l'écorce en plusieurs morceaux (futurs continents). La propagation de la fissure formée dans la masse plastique de l'écorce peut être très lente et continuer non senlement dans la période initiale d'existence de l'écorce, mais aussi dans les périodes postérieures à l'origine de la vie.

1° Toute tentative pour formuler une théorie mécano-physique de l'orogénèse se heurte, sans compter nombre d'autres difficultés, au problème des forces orogénétiques (géodynamiques). La formation d'un plissement montagneux semble impossible sans qu'on fasse intervenir des forces horizontales de *compression*, dont l'apparition doit alors être également expliquée (faille, etc.).

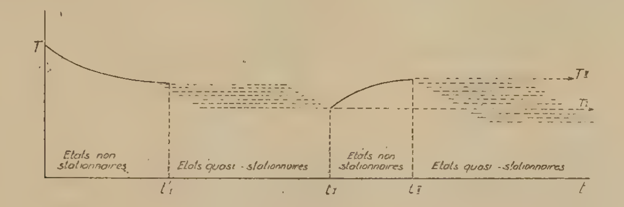
Différentes théories émises à ce sujet présentent des difficultés; je propose l'hypothèse suivante qui m'exempte de telles difficultés, l'hypothèse admettant des forces géodynamiques primaires d'*extension* et la formation des montagnes par le retour de l'écorce terreste à un état en moyenne sans tension (hypothèse d'un froncement des centinents).

2° Outre qu'elle explique facilement l'orogénèse, l'idée d'une *contraction* sans compression des continents fournit des indications sur les causes de la similarité des lignes côtières de différents continents (exemple classique : côtes correspondantes de l'Amérique du Sud et de l'Afrique), sans recourir à l'hypothèse controversée du flottage des continents. Les parties correspondantes de ces continents ayant jadis formé un tout, ainsi qu'il ressort de données géozoologiques, ne sont pas après la séparation *flottées*, mais se sont *contractées* (sans modifier ou presque la position de leur centre de gravité) autour de leurs parties centrales de la manière dont se contracte par exemple de l'écume déchirée du lait.

3° En raison de l'extrême lenteur du refroidissement de la Terre, il est

(*) Séance du 8 mai 1950.

possible et utile de représenter la majeure partie de l'histoire thermique de la Terre comme un processus quasi stationnaire (*régulier*), autrement dit comme une série d'états stationnaires successifs. Deux périodes seulement n'admettent pas une telle simplification, à savoir celles qui ont immédiatement suivi la formation de la Terre en tant qu'astre séparé et la formation de l'écorce solide. Dans la première période la répartition des températures était absolument fortuite et exigeait pour son établissement un certain temps, alors que dans la seconde (*voir* plus loin) la formation de l'écorce terrestre a de même brutalement troublé la répartition stationnaire des températures; il a également fallu un certain temps pour un retour à l'équilibre. Ainsi, l'état de température, en un certain point de la Terre, peut être schématiquement représenté par la figure ci-contre où t désigne le temps, T la température, t'_1 et t_{II} les moments d'établissement d'un état stationnaire après la formation de la Terre



et de l'écorce, t_I le moment du commencement du réchauffement, T_{t_I} et $T_{t_{II}}$ les températures correspondantes calculées d'après l'équation des processus non stationnaires (avec $\partial T/\partial t$), alors que T_I et T_{II} sont également calculées d'après l'équation sans $\partial T/\partial t$. Ainsi, l'exposé ci-dessus s'exprimera en langage mathématique par

$$T_{t_I} \simeq T_I, \qquad T_{t_{II}} = T_{II}; \qquad \frac{\partial T_I}{\partial t} \simeq \frac{\partial T_{II}}{\partial t} \simeq 0.$$

Quant aux valeurs de T_I et T_{II}, il est extrêmement simple de les calculer d'après les équations (désignations usuelles) :

$$(1) \qquad k(rT_I)''_{22} + rM = 0; \qquad k(rT_{II})''_{22} + rM = 0.$$

La grandeur M, cession de la chaleur par une unité de volume de la Terre, en général une fonction de t, peut être considérée dans les limites de $t_I < t < t_{II}$ comme constante. En conséquence, le courant est aussi constant

$$Q_I \simeq Q_{II} \simeq -k\frac{\partial T_I}{\partial r}\bigg|_R \simeq -k\frac{\partial T_{II}}{\partial r}\bigg|_R \simeq \frac{MR}{3},$$

pendant cette période de même que la température des couches atmosphériques adjacentes [pour simplifier, nous admettons que cette dernière est égale à $T_{ex.I} = T_{ex.II} = T_{ex.} = 0$; mais naturellement $T_{ex.I}$ n'est pas égale à $T_{ec.I}$ ni $T_{ex.II}$ à $T_{ec.II}$].

Ceci posé et à partir des conditions limitées on obtient

$$(2)\quad \frac{MR}{3}=k\frac{T_{ec.I}}{\Delta R},\quad T_I=T'+T'\frac{R^2-r^2}{2R\,\Delta R},\quad \frac{MR}{3}=k_{ec.}\frac{T_{ec\,II}}{\Delta R},\quad T_{II}=T'\frac{k}{k_{ec.}}+T'\frac{R^2-r^2}{2R\,\Delta R};$$

(R désignant le rayon des parties liquides ou liquides + solides de la Terre; ΔR l'épaisseur de l'écorce fraîchement formée).

4. Ensuite les volumes correspondants et l'augmentation de volume des parties liquides sont : $(V_{II}-V_I)/V_I \cong \beta T'(1-\beta T' R/5\,\Delta R)\,k/k_{ec.}$, étant donné que la conductibilité calorique de l'écorce ($k_{ec.}$) est faible par comparaison avec celle de la partie liquide (k).

De $\Delta R \simeq 12^{km}$ on tire $R/5\,\Delta R \cong 100$, et étant donné $k/k_{ec.} \simeq 60$ on a les forces d'extension dans l'enveloppe $F \cong (E/3)(V_{II}-V_I)/V_I \simeq 160\,000\,(kg/cm^2)[(V_{II}-V_I)/V_I]$. Or, comme il est improbable que F puisse dépasser pour des pierres 100 — 50, on a $\beta T' > 0{,}00001$, condition d'une rupture de l'écorce terrestre. Même en admettant que le noyau liquide comprimé se comporte élastiquement comme un corps solide, on a (3) et, pour un liquide, à plus forte raison (4)

$$(3)\qquad \beta \cong 0{,}00003,\qquad T' > 0{,}33^\circ,$$

$$(4)\qquad \beta \simeq 0{,}0004,\qquad T' > 0{,}025^\circ\ (sic\,!),$$

T' est la différence des températures entre les surfaces inférieure et supérieure de l'écorce; elle est certainement supérieure à (3) et (4). On voit qu'une rupture est inévitable.

GÉOPHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur le spectre des aurores boréales.* Note de M. **Lars Vegard**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Au cours de recherches poursuivies pendant 35 ans nous avons observé, mes collaborateurs et moi, dans le spectre des aurores, de 8 200 à 3 000 Å, 170 radiations [1]. Quelques-unes des raies et bandes intenses ont été mesurées avec une précision suffisante pour leur identification. Mais, pour une analyse exacte des radiations faibles, il fallait un spectrographe plus lumineux et plus dispersif.

2. Celui qui a fourni les mesures actuelles a été construit sur mes indications par J. Cojan (deux prismes; ouverture de l'objectif de chambre : F/1,2). Sa dispersion va de 188 à 99 et à 40 Å/mm lorsque la longueur d'onde passe de 0,6 à 0,5 et à $0^{\mu},4$. Les radiations du tableau ci-joint ont été mesurées et identifiées sur un excellent spectre obtenu à Oslo dans la nuit du 23-24 février entre $19^h,25^m$ et $5^h,30^m$; on a photographié sur la même plaque (Eastman 103 *a* T) un spectre de l'argon et une échelle d'intensité. Le nombre et la netteté des raies et des bandes dépassent ce qu'on avait obtenu jusqu'ici.

---

(1) L. Vegard, *Géof. Publ.*, 10, n° 4, 1933. Vegard et Tønsberg, *ibid.*, 13, n° 5, 1941; 16, n° 2, 1944; Vegard et Kvifte, *ibid.*, 16, n° 7, 1945.

λ.	Attributions.
884,1..	S N (1–1)
914,0..	S N (0–0)
995,0..	N II [3995,0]
997,3..	S P 2 (1–4)
026,0*.	N II [4026,0]
037*...	N [4035]
041,3..	N II [4041,3]
043,4..	N II [4043,5], V K (5-15)
046,6..	Hg [4046,6]
058,1..	S P 2 (0–3)
067*...	H_2 [4066,9]
071,2..	O II [4072,2], V K (2–13)
075,2..	O II [4075,9]
079,4..	O II [4078,9]
081,9..	H_2 [4082,4]
099,8..	N I [4099,9]
140,0..	S P 2 (3–7)
157*...	O II [4156,5]
170*...	O II [4169,2], V K (3–14), G (0–9)
175*...	N II [4176,2]
185,5..	O II [4185,5]
189,7..	O II [4189,8]
199,4..	N III [4200], S N (2-3)
236,1..	N II [4236,9], S N (1–2)
241,7..	N II [4241,8]
277,4..	S N (0-1)
294*...	O II [4294,8]
305*...	N I [4305,5], O II [4303,8]
317,8..	N I [4317,7], O II [4317,2]
319*...	O II [4319,7], V K (1–13)
343,2..	O II [4342,0] [4345,6]
350,2..	O II [4349,4] [4351,3]
358,3..	Hg [4358,3[, O II [4358,4]
368,3..	O I [4368,3]
379,1..	O II [4378,4] [4379,7], V K (5–16)
405*	
415,4..	O II [4414,9] [4417,0], S P 2 (3-8)
423,2..	V K (2-14)

λ.	Attributions.
4427,6	
4432,8..	N II [4432,7], G (0-10)
4443,0..	O II [4443,0]
4466,6..	O II [4465,5], S N (6–8, 7–9, 8-10)
4474*...	H_2 [4474,2]
4488,2..	S N (5–7)
4498*...	H_2 [4498,1] [4498,5], Na I [4497,7]
4515,1..	N III [4514,9], S N (4–6)
4531,5..	N III [4530,8], V K (3-15)
4553,3..	S N (3–5)
4573,5..	S P 2 (1–6)
4591,0..	O II [4591,0]
4597,0..	O II [4596,2]
4600,7..	S N (2–4)
4608,5..	O II [4609,4]
4621,9..	N II [4621,4]
4631,0..	N II [4630,6]
4642,8..	N II [4643,1], O II [4638,9] [4641,8]
4651,0..	O II [4650,9], S N (1–3), V K (4–16)
4661,7..	O II [4661,7]
4677,8..	O II [4676,3]
4709,1..	S N (0–2)
4724*...	H_2 [4723], G (0-11)
4752*...	Na I [4751,8], O II [4751,3]
4770,4..	O I [4772,9], V K (5–17)
4802*...	O I [4803]
4836....	V K (2-15)
4860,7..	H_β [4861,3], O II [4861,0]
4882*...	S N (6–9)
4894,9..	N [4895,3], V K (6–18)
4914,5..	N I [4914,9]
4932,7..	N I [4935,0]
4967,0..	O I [4967,4] [4967,9]
5001,4..	N II [5001,1] [5001,5]
5003,7..	N II [5002,7] [5005,1]
5022*...	O I [5020,1]
5046*...	N II [5045,1]

λ.	Attributions.
5148*...	Na I [5148,8], S N (1-4)
5198,3..	N I [5197,7] [5200,8]
5226,7..	S N (0–3)
5233,8..	O_2^+ (2–0) (3–1)
5292*...	H_2 [5291,6], O_2^+ (2-0)
5328,9..	O I [5329,0] [5329,6], N I [5328,7]
5354*...	S P 1 (17-21)
5371*...	S P 1 (7–12)
5435,6..	O I [5435,2] [5435,8]
5460,9..	Hg [5460,7]
5474,7..	S P 1 (4–9) (14–18)
5520*...	H_2 [5518,5]
5534*...	N II [5535,4] [5530,3]
5553*...	N II [5552,0], O I [5554,9]
5577,9..	O I [5577,3]
5603,0..	O_2^+ (1-0)
5613,9..	O_2^+ (1-0)
5622,7..	O_2^+ (1-0)
5629,2..	O_2^+ (1–0)
5666,9..	N II [5666,6]
5679,9..	N II [5679,1]
5710,6..	N II [5710,7]
5730,5..	N II [5730,5]
5753,0..	S P 1 (8–12) (16–19)
5771*...	Hg [5769,6], N II [5767]
5801*...	S P 1 (7-11)
5830,3..	N I [5829,5]
5852,2..	S P 1 (6-10)
5865,6..	S P 1 (14–17)
5892,3..	Na I [5890,0] [5895,9]
5932,6..	N II [5931,8]
5957,9..	O I [5958,5], S P 1 (4–8)
5974,4..	H_2 [5975,4], O_2^+ (0-0)
6008,0..	N I [6008,5]
6043,5..	O I [6046,3]
6064,0	
6113*...	S P 1 (10–13)
6299,8..	O I [6300,3]
6363*...	O I [6363,8]

S N, premier système négatif de N_2.

S P 1 et S P 2, systèmes positifs de N_2.

V K, bandes de Vegard et Kaplan de N_2.

G, bandes de Goldstein de N_2.

Les raies du mercure proviennent de la diffusion des lumières d'Oslo.

Les raies marquées d'un astérisque, très faibles, ont été mesurées sur enregistrement au microphotomètre de Moll.

3. Des 114 radiations du tableau, 54 n'avaient pas encore été observées. En raison des grandes variations du spectre des aurores on ne peut espérer avoir dans ce seul spectre toutes les radiations de l'intervalle 3900-6100 Å. 44 radiations précédemment observées n'y apparaissent pas. Les résultats suivants sont à souligner :

1° On avait déjà observé les bandes de N_2^+, les 1er et 2e systèmes positifs de N_2, le système de Vegard-Kaplan. Dans le nouveau spectre apparaissent en outre des raies qui semblent provenir du système de Goldstein (molécule N_2) et des têtes de bandes provenant de O_2^+. *Pour la première fois est démontrée la présence de l'oxygène moléculaire dans la luminescence des aurores.*

2° La raie H_β est diffuse; son maximum est déplacé vers les courtes ondes, montrant que *les atomes d'hydrogène se dirigent vers le bas à grande vitesse.*

3° La raie 5198,3 intense et étroite s'identifie avec le doublet 5197,7-5200,8 de N I.

4° Nous avons identifié un groupe de raies de N II en 5001,4-5003,7.

5° D'accord avec nos résultats antérieurs *un grand nombre de raies sont émises par les atomes d'azote et d'oxygène neutres et ionisés.*

Les raies de O II sont celles qu'on observe aussi dans les rayons-canaux de l'oxygène. Il en est de même des raies de O I exception faite des raies interdites verte et rouges.

Dans les bandes 3914 et (en partie) 4278 de N_2^+ les raies de rotation de la branche R sont séparées, ce qui permet une détermination plus exacte de la température. Dans la bande 3914 la position du maximum d'intensité donne 219°,9 K et la distribution des intensités d'après la loi de Maxwell, 217°,9 K. Ces valeurs sont plus basses que la moyenne des mesures antérieures.

MÉTÉOROLOGIE. — *Orages, foudre et grêle dans la région de Tananarive.* Note de M. **Jean Émon**, présentée par M. Charles Maurain.

Étude statistique des orages, de la foudre et de la grêle dans la région de Tananarive. Interprétation des résultats.

La comparaison entre la répartition mensuelle des orages, de la foudre et de la grêle a été effectuée pour Tananarive et ses environs immédiats (districts de Tananarive-Ville et Tananarive-Banlieue); afin d'uniformiser la comparaison, il a été fait appel au nombre de jours d'observation de chacun de ces phénomènes pour la période de base 1933-1942.

A. *Orages et foudre.* — D'octobre à décembre, le rendement électrique des orages est supérieur, étant donné qu'à un pourcentage moindre en nombre de jours d'orage correspond un pourcentage supérieur en nombre de jours à coup de foudre; ainsi, pour novembre-décembre, l'on observe plus de la moitié du nombre de jours à coup de foudre, exactement 51,1 %, pour

guère plus du tiers du nombre de jours d'orage, exactement 35,9 %. C'est l'inverse de janvier à mai, mais il est permis de penser qu'il existe une légère recrudescence d'activité électrique en mars, d'après la variation mensuelle du quotient des pourcentages relatifs au nombre de jours à coup de foudre et au nombre de jours d'orage. Ce quotient est maximum en novembre (1,6 à 1,7) et nettement décroissant de novembre à février (0,5), puis présente un petit maximum relatif en mars (0,7 à 0,9).

Le maximum absolu de novembre s'explique par le caractère local des premiers orages de la saison et la moindre conductibilité de l'air encore sec et du sol desséché. La diminution de novembre à février est à rapprocher de l'humidification croissante de l'air et du sol, de l'extension du régime de mousson équatoriale (aux orages moins électriques) et de la fréquence croissante de l'activité cyclonique sur l'Océan Indien Sud-Ouest. Ces deux derniers facteurs jouent bien en sens inverse à partir de mars, mais la reprise d'activité électrique qui en résulte est très limitée, en raison de la défaillance du facteur principal *sécheresse de l'air et du sol.*

B. *Foudre et grêle.* — Pour la période de base 1933-1942, 2,6 % des coups de foudre ont été signalés avec grêle concomitante, 9,7 % ont été accompagnés de grêle dans le jour même et, pour 87,7 % d'entre eux, aucune grêle proche n'a été mentionnée.

Comme analogie ou divergence par rapport aux orages ou à la foudre, il est à souligner :

a. Observation de la grêle possible durant tous les mois de l'année, ce qui qui est également le cas des orages, mais non celui de la foudre.

b. Croissance très rapide au début de la saison chaude, puis décroissance plus lente jusqu'en février et maximum relatif en mars ou plutôt avril. Cette allure de variation rappelle celle de la foudre, mais avec une irrégularité supérieure.

c. Maximum très net en octobre ou novembre au lieu de décembre pour les orages et la foudre.

d. Octobre et novembre assurent à eux seuls environ la moitié des cas alors que, pour la foudre, c'est l'ensemble novembre-décembre qui joue un rôle analogue. Pour les orages, un trimestre est nécessaire pour l'observation de la moitié des cas.

e. Contraste entre le maximum absolu de novembre ou décembre et le minimum relatif de février ou mars bien plus marqué pour la grêle que pour la foudre.

f. Maximum relatif de mars ou avril beaucoup plus net pour la grêle que pour la foudre.

Si l'on compare avec les statistiques de A. Baldit pour la Haute-Loire (1912-1914 et 1919-1930), il est aisé de se rendre compte que la répartition mensuelle de ces phénomènes y est beaucoup plus régulière, paraissant direc-

tement commandée par la variation de la température au sol ou dans les couches basses. Mais il n'en est de même à Madagascar que pour les orages, la grêle étant affectée par des anomalies dans la variation de la température à haute altitude et la foudre par la sécheresse de l'atmosphère au début de la saison chaude.

MYCOLOGIE. — *Absence de boucles et comportement nucléaire dans le mycélium de divers Homobasidiés*. Note de M. **Robert Kuhner**, présentée par M. Joseph Magrou.

Etude de la répartition des noyaux mycéliens chez de nombreux Homobasidiés (surtout Agarics) en culture pure. Les articles terminaux sont bi- ou tri-nucléés chez diverses espèces à boucles nulles ou éparses; ils sont multinucléés chez plusieurs espèces à boucles inconstantes.

Les cultures utilisées proviennent pour la plupart d'isolements réalisés par l'Auteur, en partie à Lyon, en partie à la station de Haute-Savoie du Muséum National *La Jaysinia* (Fondation Cognacq-Jay). Leur origine a été généralement un fragment de feuillet, rarement une sporée. Il est commode de répartir les espèces étudiées en trois catégories :

1. *Boucles très nombreuses dans les parties aériennes du mycélium secondaire*. — Étant donnée l'origine de nos cultures, nous ne nous étonnons pas d'y trouver assez souvent, au moins au début, des productions primaires. Parmi les hyphes bouclées développées à partir de fragments de feuillets, nous avons observé des oïdies droites (*Tephrophana inolens* Fr., *Lepiota irrorata* Q., *Agrocybe firma* (Peck) Kühner, *Fulvidula spectabilis* Fr., *Flammula lutaria* Maire. Chlamydospores [chez ces deux derniers], arquées chez *Galera sideroïdes*, *Hebeloma truncatum* ss. Lange, *Hypholoma epixanthum* ss. Ricken. Il est probable que dans divers cas ces oïdies sont nées sur des hyphes primaires issues des spores, mais pour *H. epixanthum*, nous avons vu les oïdiophores naître également sur les hyphes bouclées; il y a retour au primaire par les oïdies, celles-ci étant uninucléées. *H. truncatum*, à oïdies uninucléées, paraît se comporter de même. Chez plusieurs espèces possédant un mycélium à boucles nombreuses nous avons observé des hyphes sans boucles dans les conditions suivantes : *a*. Cultures en Hagem liquide (*Poria vulgaris* Fr., *Tephrohana tesquorum* ss. Lange); *b*. Cultures sur carotte, au niveau du mycélium flottant (*Lyophyllum immundum* Berk., *Lepiota acutesquamosa* Scop., *Hebeloma sinapizans* Paul., *Drosophila silvestris* Gillet, *Coprinus pliagioporus* Romagn., *Plicatilis* Curt.); *c*. Bien au-dessus de l'eau, dans des cultures sur carotte, apparition brusque après plusieurs mois (au printemps), autour du mycélium à anses (*Rhodocybe striatula* Kühner). Transporté sur un milieu convenable le mycélium sans boucles peut reproduire un mycélium à boucles (Ex. : *D. silvestris*

repiqué sur Hagem gélosé à la mousse). Le repiquage sous collodion peut amener presque aussitôt la réapparition des anses (*C. plicatilis*), mais souvent la production d'articles sans boucles continue, au moins pendant un certain temps, ce qui permet de constater que les articles terminaux sont uninucléés comme les autres (*P. vulgaris*, *R. striatula*, *L. acutesquamosa*, *D. silvestris*) ou cénocytiques (*H. sinapizans*, *C. ephemerus* ss. Locq.). *Panellus serotinus* (Schrad.) Kühner, amylosporé, produit un mycélium aérien tout bouclé, mais s'étend sur gélose ou sous collodion par hyphes rayonnantes, à cloisons rares, non bouclées, multinucléées. Chlamydospores aussi à noyaux nombreux (2-12); quand leur tube germinatif pousse lentement, les boucles y apparaissent très tôt; nous n'en avons pas vu sur les tubes à croissance rapide; pourtant, sur 7 chlamydospores de ce dernier type, deux seulement ont donné un mycélium qui n'a jamais produit d'anses.

2. *Boucles présentes sur le mycélium aérien, mais à certaines cloisons seulement.* Toutes les espèces étudiées présentent un nombre de noyaux (n) réduit par article et constant dans une file, article terminal (a. t.) compris : 2 n (*Rhodophyllus sericeus* Bull. var. *nolaneiformis*); 2-3 n (*R. ameides* Berk., *cetratus* ss. Ricken, bisporique, *mammosus* ss. Ricken, *Clitocybe obbata* Fr., *amanita muscaria* L., *Coprinus disseminatus* Pers.); a. t. à 4-8 n se divisant simultanément (*C. saccharinus* Romagn.).

3. *Espèces dépourvues de boucles* (1). — A. Noyaux en nombre variable dans les divers articles d'une même file, souvent élevé dans l'article terminal.

1° Des chlamydospores (*Coprinus radians* Desm., chl. à 3-16 n, *Polyporus sulfureus* Bull., chl. submergées à 2-13 n, les aériennes à 1-4 n; autres articles à 5-22 n; même les poils des pores sont multinucléés.

2° Pas de chlamydospores (*Poria ambigua* Bres., *reticulata* Pers.; *Ungulina annosa* Fr., *Pluteus nanus* Pers., *Coprinus Boudieri* Q., *Bolbitius vitellinus* Pers., *Galera clavata* Vel.). A. t. contenant jusqu'à 125 n (*P. ambigua*) jusqu'à 70 n (*P. reticulata*), 6-13 n. (*P. nanus*), 3-9 n (*G. clavata*); articles suivants à noyaux en nombre assez élevé : (*P. reticulata*, 8-18) ou faible (*C. Boudieri*, 2).

B. Noyaux en nombre réduit et constant dans une file d'articles : 2 à 5 n (*Coprinus Patouillardi* Q., forme bisporique); 2 n (*Oxyporus connatus* Fr., *Boletus aurantiacus* Bull., *Pleurotus pubescens* ss. Schroet., *Cantharellus albidus* Fr., *Omphalia chrysophylla* Fr., *Melanoleuca grammopodia* Bull., *Rhodopaxillus mundulus* Lasch, *truncatus* Schaeff., *Rhodophyllus junceus* ss. Lange, *Lepiota macrorhiza* Locq., *Tulostoma mammosum* Fr.); 1 n (*O. chrysophylla* montre côte à côte des files à 1 n et des files à 2 n *Armillaria mellea* Wahl. donne, sur

(1) Les oïdies en chaîne manquent très généralement chez les espèces totalement privées de boucles, même sur mycéliums d'origine monosperme.

mousse au Hagem liquide, de longs rhizomorphes submergés; leurs articles internes renferment des noyaux en nombre variable; leur surface est couverte de poils à articles uninucléés).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des produits du métabolisme d'un champignon sur la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac.* Note (*) de M. **Yves Gendron**, présentée par M. Joseph Magrou.

Mise en évidence, dans une culture de *Rhacodiella castaneæ* d'une substance capable de ralentir *in vivo* la multiplication de deux virus phytopathogènes. Cette substance n'a pas d'action *in vitro* sur le virus : elle intervient en diminuant la sensibilité de l'hôte.

De nombreux travaux ont montré l'action neutralisante que les produits du métabolisme de certains microorganismes exerçaient *in vitro* sur des virus phytopathogènes. La diminution du pouvoir infectieux, mesuré à l'aide d'une plante hypersensible, était la conséquence du mélange préalable d'une solution virulente et du liquide de culture de diverses Bactéries et Champignons. Tous les auteurs étaient d'accord pour constater que ces substances agissaient sur le virus et non sur l'hôte. W. C. Price et B. M. Gupta ([1]) ont, les premiers, montré que le filtrat de culture de *Trichothecium roseum* contient une substance capable de diminuer dans la proportion de 97 % le nombre des lésions extériorisées par le *Nicotiana glutinosa* et le Haricot *Early Golden Cluster* après inoculation par le virus de la Mosaïque du Tabac. L'effet indiqué était obtenu en appliquant la substance sur les feuilles, soit avant l'inoculation, soit quelque temps après (jusqu'à 30 minutes). Il s'agit d'une action sur la sensibilité de la plante car le nombre de lésions fournies par un Tabac hypersensible de Holmes n'était pratiquement pas diminué sous l'effet du même traitement.

Nous avons pu montrer grâce aux essais relatés dans cette Note, qu'une souche de *Rhacodiella castaneæ* Peyr. (forme conidienne du *Sclerotinia pseudotuberosa* Rehm ([2]) était capable de sécréter une substance ayant la faculté de ralentir la multiplication du virus de la Mosaïque du Tabac et du virus X de la Pomme de terre chez le Tabac. Les essais ont été réalisés avec des cultures de trois à cinq semaines sur un bouillon à base de Pomme de terre. L'activité du liquide de culture a pu être éprouvée sur une souche du virus de la Mosaïque du Tabac (Mosaïque ordinaire) et deux souches du virus X, l'une isolée de Pommes de terre de la variété *Arran Banner*, provoquant de graves nécroses sur le Tabac, l'autre issue de la variété *Bintje* est peu virulente pour le Tabac. 126 Tabacs var. *Samsun*, 20 Tabacs var. *White Burley*

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Phytop*, **40**, 1950, p. 23 (abstr.).

([2]) Retenue parmi 61 espèces ou souches de microorganismes douées de propriétés antagonistes, provenant de la collection de MM. H. Darpoux et A. Faivre-Amiot.

et 77 Tomates var. *Maréchal Joffre* ont été utilisés. Les liquides de culture étaient pulvérisés 2 à 5 fois sur les plantes dans les jours qui précédaient et suivaient immédiatement l'inoculation, les témoins étant pulvérisés ou non avec un bouillon de Pomme de terre neuf. Les plantes étaient inoculées sur deux feuilles opposées avec un jus de Tabac infecté dilué au 1/500 (donnant environ 11 lésions par centimètre carré sur des feuilles de Datura) dans le cas de la Mosaïque du Tabac et au 1/50 dans le cas du virus X de la Pomme de terre. Les plantes, coupées au niveau du collet et pesées, étaient broyées par groupes de cinq dans un appareil à hélice tournant à 12000 t/min. en présence d'une quantité mesurée d'eau. Les quantités de virus étaient estimées sérologiquement, chiffrées en unités sérologiques ([3]) par gramme de poids frais et transformées en pour-cents des témoins.

Un des essais réalisé avec 45 Tabacs var. *Samsun* est schématisé dans le tableau ci-après : deux pulvérisations ont été effectuées à un jour d'intervalle avec une culture de 5 semaines. Les dosages sérologiques ont été effectués 14 jours après l'inoculation.

	Inoculés avec les virus		
	X Arran Banner.	X Bintje.	Mosaïque du Tabac
1/2 heure avant....................	73 u. s.	112 u. s. (*)	34 u. s.
1 heure après la 1re pulvérisation....	46 »	63 »	17 »
Témoins non pulvérisés ([4]).........	100 »	100 »	100 »

(*) Les 12 % en trop donnent l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

Le fait que, dans d'autres essais la Tomate, et surtout le Tabac var. *White Burley*, se soient révélés respectivement moins sensibles ou même résistants à cette action, semble montrer que la substance agit sur l'hôte et non sur le virus. Elle doit intervenir dans la mesure où elle est capable de traverser l'épiderme des feuilles. Un essai *in vitro* a confirmé ce point de vue. Une préparation de virus de la Mosaïque du Tabac, partiellement purifiée par chauffage du jus de la plante mère pendant 10 minutes à 67° et centrifugation, a été mélangée, volume à volume, au milieu de culture de l'essai ci-dessus, au milieu neuf témoin, et à de l'eau du robinet, puis laissée trois heures à l'étuve à 20°. Pour éliminer toute substance capable d'avoir une action sur la plante hypersensible, le virus était relargué deux fois au sulfate d'ammonium, puis repris par l'eau et inoculé à des moitiés de feuilles de Datura. Les nombres de lésions locales obtenues ont montré que le virus n'avait pas été inactivé.

En résumé, les résultats préliminaires obtenus avec le *Rhacodiella castaneæ* mettent en évidence une inhibition temporaire, mais certaine de la multiplication des deux virus.

([3]) P. Limasset, P. Cornuet et Y. Gendron, *Ann. Inst. Past.*, 78, 1950, p. 135.

([4]) Dans d'autres essais les témoins pulvérisés avec un bouillon neuf ou avec un bouillon de culture de microorganisme inactif se sont comportés de la même façon que les témoins non pulvérisés.

PÉDOLOGIE. — *Importance de quelques anions dans les phénomènes dûs aux fermentations dans les sols.* Note de M. **René Bétrémieux**, présentée par M. Raoul Combes.

La nature de l'anion du sel ammoniacal fournissant l'azote à la fermentation du glucose dans une colonne de terre règle de façon très importante la migration des éléments réductibles, fer et manganèse.

Nous avons décrit antérieurement ([1]), ([2]) les effets produits par la fermentation d'une solution de glucose dans une colonne de terre. Celle-ci prenait rapidement une teinte bleu verdâtre caractéristique des horizons de gley par suite de la réduction des oxydes de fer libres dont une partie importante passait dans le percolat sous forme complexe.

Dans ces essais, de l'azote était fourni avec l'élément énergétique sous forme de sulfate d'ammonium, et l'on pouvait observer souvent l'apparition, bien après celle du gley, de taches noires de sulfures de fer, généralement localisées au bas de la colonne et favorisées par une accentuation des conditions réductrices du milieu.

Ce résultat a attiré notre attention sur le rôle que pouvait joüer l'ion SO_4 et nous a amené à comparer l'action de quelques sels ammoniacaux : sulfate, chlorure, nitrate, phosphate correspondant à la même quantité de N. En outre, un essai ne recevait que du glucose. On constate que seul le sulfate permet la formation rapide d'un gley intense. Avec le chlorure la réduction est encore évidente, mais beaucoup moins importante, plus lente et simplement équivalente à ce que donne le glucose seul. Le phosphate laisse apparaître très tardivement quelques taches verdâtres et avec le nitrate il ne se produit aucune modification après un mois.

Les quantités de fer solubilisé pendant le premier mois sont données dans le tableau ci-après. Elles reflètent bien l'intensité des phénomènes de réduction. Celle-ci est d'ailleurs étroitement liée à l'activité de la fermentation que l'on peut suivre facilement par l'évolution du pH des percolats. Celui-ci passe rapidement de la neutralité à 5 environ dans le cas de l'essai avec sulfate tandis qu'il reste neutre avec le nitrate.

L'ion SO_4 marquant une supériorité aussi nette, nous avons cherché une nouvelle preuve de son activité en ajoutant à chaque essai pendant un deuxième mois, sous forme de sulfate de potassium, une quantité d'ions SO_4 correspondant au 1/5 de celle fournie dans l'essai avec $SO_4(NH_4)_2$. Très rapidement le gley s'est accentué ou est apparu dans tous les tubes tandis que le pH descen-

([1]) S. Hénin et R. Bétrémieux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1393-1395.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1749-1751.

dait à 5 dans les délais habituels pour $SO_4(NH_4)_2$; parallèlement, le percolat s'enrichissait en fer, mais les teneurs se classaient encore dans le même sens qu'au premier mois.

Fer et manganèse solubilisés (exprimés en Fe_2O_3 et MnO).

	Glucose seul		Glucose + sel NH_4							
			Cl^-.		NO_3^-.		PO_4H^{--}.		SO_4^{--} (A).	
	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.
Premier mois (mg)......	8,8	4,9	7,2	8,0	0,5	tr	4,4	3,3	91	8,7
Premier mois (% de A)...	9,7	56	7,9	92	0,5	–	4,8	38	100	100
Deuxième mois (mg) (après addition de SO_4K_2)......	77	2	60	0,4	(*a*)	(*a*)	34	1,8	61	0,3
Total (% du total de A).....	56	67	44	93	–	–	25	57	100	100

(*a*). Tube devenu complètement imperméable et ne fonctionnant plus, mais le peu de percolat obtenu contient cependant du fer.

Par conséquent l'ion SO_4 favorise nettement la fermentation et par suite la réduction des oxydes de fer. Il favorise également la migration du fer en solution tandis que les autres anions sont peu favorables à la fermentation et freinent la migration, PO_4 plus que Cl. Contrairement aux précédents qui ne font que ralentir la fermentation du glucose et la production du gley, l'ion NO_3 les entrave totalement. Par ailleurs, nous avons constaté que, si l'addition d'une petite quantité de sulfate permettait de rendre une certaine activité à l'essai avec NO_3NH_4 il n'en était pas de même pour un essai avec $(NO_3)_2Ca$.

Comme le fer, le manganèse passe en solution. Les résultats du tableau montrent que sa solubilisation est beaucoup moins gênée par l'absence de SO_4 et la présence d'autres anions que celle du fer et, si NO_3 est encore peu favorable, Cl n'est pas très inférieur à SO_4.

De quelle façon intervient SO_4 dans ces phénomènes ? Par la formation intermédiaire de sulfures ou par action sur l'activité microbienne ? Cette dernière hypothèse semble la plus vraisemblable, car l'apparition accidentelle, localisée et toujours tardive, de la sulfuration n'est pas en rapport avec l'intensité du déplacement du fer.

Les différences d'activité des anions mises en évidence par ces essais peuvent avoir leur importance dans le milieu naturel en déterminant l'intensité de la migration de certains cations. La nature des anions présents dans le milieu est donc susceptible de modifier l'évolution pédologique des types de sol et, comme les cations solubilisés sont aussi des oligo-éléments, le rythme de l'alimentation des végétaux.

ÉCOLOGIE. — *Sur la persistance prolongée de semences dormantes dans le sol de la pelouse herbeuse à* Brachypodium pinnatum *du Nord de la France*. Note (*) de MM. **Lucien Guyot** et **Michel Massenot**, présentée par M. Roger Heim.

Les semences de nombreuses espèces annuelles, bisannuelles ou pérennes à vie courte persistent longtemps, vivantes mais inertes, dans le sol de la pelouse herbeuse à *Brachypodium pinnatum* (faciès du *Xéro-Brometum erecti*) du Nord de la France.

L'absence ou l'extrême rareté des thérophytes au sein de certains groupements végétaux a été reconnue en diverses circonstances. P. Allorge (1921)([1]) a remarqué que la pelouse calcaire à *Festuca duriuscula* et *Sesleria cœrulea* du Vexin français n'héberge que quatre annuelles : une hémiparasite (*Euphrasia officinalis*) et trois mycorhiziennes (*Chlora perfoliata*, *Gentiana germanica*, *Linum catharticum*). L'un de nous a noté, en 1942 ([2]), que, sur les affleurements calcaires de Picardie, les annuelles des jachères et des friches ne se rencontrent plus que rarement, et de façon très disséminée, dans la pelouse stabilisée à *Brachypodium pinnatum* qui représente le stade ultime du peuplement herbacé des terres incultes; elles n'y trouvent refuge qu'à la faveur de conditions locales très spéciales (sol récemment remué, revêtement de terre végétale trop peu épais, affleurement de craie en surface). Selon R. Molinier (1934) ([3]), la faible densité de la végétation, dans les associations à *Rosmarinus officinalis-Lithospermum fruticosum* et *Erica multiflora-Helianthemum lavandulæfolium* de la Provence, rend particulièrement surprenante l'absence presque générale des thérophytes, dont un très petit nombre n'a été observé que tout à fait exceptionnellement.

Les causes de cette carence en thérophytes ont été discutées par divers auteurs. R. Molinier (1934) (*loc. cit.*) a indiqué que les recherches faites sur le sol et les observations conduites sur le terrain ne permettent pas, dans le cas du *Rosmarino-Ericion* provençal, de retenir l'hypothèse selon laquelle les propriétés physiques du sol seraient défavorables à l'égard des annuelles, au point d'expliquer leur absence dans cette association; le manque de lumière, de place ou de porte-graines, l'exposition, l'altitude ou la pente, la composition chimique du sol ne sauraient être invoqués. De même, G. Deleuil (1950) ([4]) n'admet pas la concurrence vitale ou la trop grande compacité du sol, pour l'interprétation du même phénomène.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Revue générale de Botanique*, 33, 1921, p. 796.

([2]) *Ann. École Nat. Agric. Grignon*, 3e série, 3, 1942, p. 72.

([3]) *Ann. Musée Hist. Nat. Marseille*, 27, Mém. I, 1934, p. 152.

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1362.

Selon R. Molinier (1934) (*loc. cit.*), il semble qu'il faille attendre l'explication cherchée de l'étude des propriétés microbiologiques et biochimiques du sol; cet auteur admet comme possible l'intervention des microorganismes et cryptogames du sol, ou l'empoisonnement de celui-ci par les sécrétions radiculaires de certaines espèces. G. Deleuil (1950) (*loc. cit.*) a montré récemment que l'absence de thérophytes dans les associations du *Rosmarino-Ericion* méditerranéen est due à des substances toxiques contenues dans le sol; les plantules meurent intoxiquées par le fer.

Quelle que soit la nature des facteurs qui sont à l'origine de l'absence constatée des thérophytes, il importe, avant tout, d'apporter la preuve que cette absence n'est point due au manque de semences dans le sol. Selon G. Deleuil (1950) (*loc. cit.*), il est difficile d'admettre que le *Rosmarino-Ericion* sans thérophytes, très souvent limitrophe d'autres associations très riches en annuelles (exemple : *Brachypodietum ramosi*), ne soit pas ensemencé en thérophytes; de nombreuses plantules observées au moment des premières pluies prouvent l'ensemencement, mais elles sont ensuite impitoyablement éliminées. Dans le cas de la pelouse à *Brachypodium pinnatum* du Nord de la France et du Bassin Parisien, nos observations nous ont montré que les semences de nombreuses espèces annuelles, bisannuelles ou pérennes à vie courte persistent dans le sol de longues années durant, vivantes mais inertes et ne germant pas.

Des prélèvements de terre, effectués en 1945 au niveau de pelouses herbeuses à recouvrement continu et dense de *Brachypodium pinnatum* (âgées de 40 à 50 ans au moins), ou bien au niveau de taches étendues de *Brachypodium pinnatum* parsemant des friches vieilles de 15 à 20 ans au moins, ont été disposés, pour la première fois en 1946 et à nouveau au cours de chacune des années suivantes, dans des conditions propices à la germination des semences qu'ils pouvaient contenir; parmi les nombreuses plantules ainsi obtenues et identifiées, ont été reconnues 57 espèces ne participant pas à la structure floristique normale de la pelouse herbeuse. Quinze d'entre elles se laissent remarquer à la fois par leur fréquence et leur abondance; quelques-unes donnent lieu parfois à un coefficient de présence particulièrement élevé, évalué en nombre de graines germantes pour 1^{m^2} de surface et 10^{cm} de profondeur et atteignant environ : 6000 pour *Hypericum perforatum*, 1500 pour *Anagallis arvensis*, 1400 pour *Reseda lutea*, 1300 pour *Potentilla reptans*, 600 pour *Alchemilla arvensis*, *Linaria spuria* et *Picris hieracioides*, 500 pour *Stellaria media*, 400 pour *Sinapis arvensis*, 300 pour *Valerianella* sp., 250 pour *Ranunculus repens*.

Ces espèces, qui persistent en place par leurs semences incluses dans le sol et y demeurant inertes, sont des reliquats des stades antérieurs du peuplement (jachère, puis friche). L'aptitude de ces semences à la germination semble pouvoir se maintenir pendant une longue série d'années, mais leur germination progressive en épuise assez rapidement le stock à partir du moment où la terre

est extraite du milieu et placée dans des conditions propices à l'évolution des jeunes plantules; certaines de nos observations montrent bien ce déclin progressif, d'année en année, du stock de graines présent dans le sol et évalué comme ci-dessus :

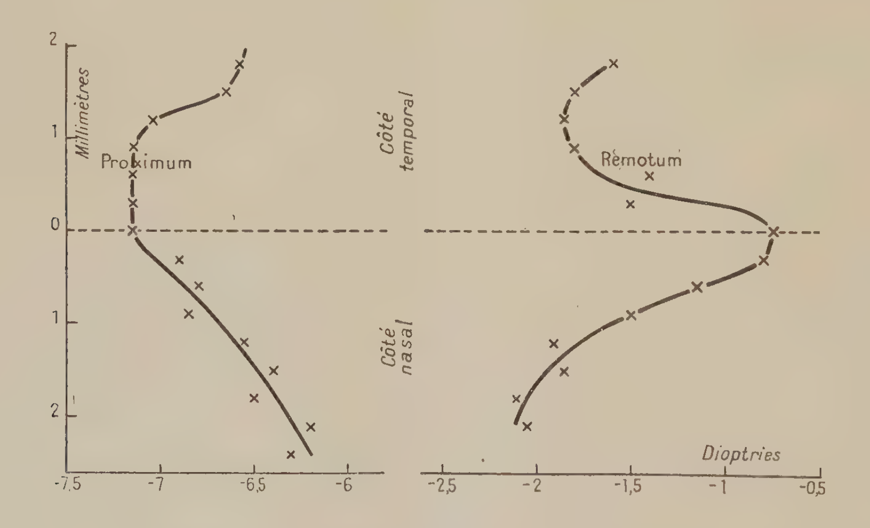
a. Pour *Hypericum perforatum* : 4 200, 1 100, 500 dans un premier essai, 3 500, 1 500, 800 dans un second essai, 2 000, 600, 500 dans un troisième essai;

b. Pour *Anagallis arvensis* : 900, 250, 175, 125 dans un essai.

De toute façon, la persistance prolongée de semences de thérophytes demeurant inertes dans le sol au sein de certains groupements végétaux, pose un problème intéressant de biologie végétale, que seule une expérimentation patiente et méthodique permettra de résoudre.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet des variations de l'amplitude d'accommodation de l'œil suivant la région utilisée de la pupille*. Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, transmise par M. Jean Becquerel.

L'amplitude d'accommodation décroît au fur et à mesure que la région utilisée de la pupille est plus éloignée de l'axe. Ce fait est en accord avec les mesures de l'aberration sphérique de l'œil, effectuées antérieurement par l'auteur.



Nous avons décrit dans une Note antérieure ([1]) un optomètre de Badal en lumière dirigée, permettant de déterminer les *punctum remotum* et *proximum* d'un œil, seule une petite région de la pupille étant utilisée (celle où se forme l'image S′ de la source ponctuelle S). La figure traduit les résultats obtenus

(*) Séance du 3 mai 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 134-136.

sur un œil ([2]); en abscisses les proximités du *remotum* et du *proximum* (en dioptries), en ordonnées la distance à l'axe de la région utilisée de la pupille (en millimètres). Chaque point est la moyenne de 20 mesures.

On voit que l'amplitude d'accommodation, égale à 6,4 dioptries sur l'axe, n'est plus que de l'ordre de 5,2 dioptries à $1^{mm},5$ de l'axe.

Ce phénomène s'interprète par l'aberration sphérique de l'œil, étudiée par l'auteur en 1946 ([3]). L'œil désaccommodé est sous-corrigé, d'où augmentation de la myopie au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe, tandis que l'œil accommodé est sur-corrigé, d'où recul du *proximum* lorsqu'on s'éloigne de l'axe. En somme les courbes représentées sur la figure ne sont autres que celles de l'aberration sphérique de l'œil désaccommodé et de l'œil accommodé au maximum. Elles ont la même allure que celles déterminées antérieurement par l'auteur ([4]) sur d'autres yeux, par une méthode absolument différente. Cette dernière est d'ailleurs préférable en ce qui concerne la mesure de l'aberration sphérique, car l'optomètre de Badal nécessite un grand entraînement de la part de l'observateur, celui-ci devant toujours conserver le même critérium de netteté.

M. Koomen, R. Tousey et R. Scolnik ont récemment contesté l'existence d'une aberration sphérique au voisinage immédiat de l'axe de l'œil ([5]), établie par l'auteur en 1946. La figure ci-dessus indique une fois de plus l'existence d'une telle aberration (surtout pour l'œil désaccommodé), au moins chez certains sujets.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une nouvelle technique de croisement des levures.* Note de M. **Shih-Yi Chen**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Cette Note décrit une nouvelle technique d'hybridation des levures consistant essentiellement dans le croisement, deux à deux, des cellules isolées de deux clones haploïdes de *signes* opposés.

Deux techniques ont été préconisées par les auteurs pour le croisement des levures hétérothalliques : *a.* le croisement spore à spore (Winge et Laustsen, 1938) ([1]); *b.* le croisement en masse de deux clones monosporiques haploïdes (Lindegren, 1943) ([2]).

Winge et Laustsen réalisent le croisement des ascopores, deux à deux, dans

---

([2]) Le test était une mire de Foucault, et avait une luminance de l'ordre de 50 bougies/m². Les mesures étaient faites en lumière bleue.

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1027-1029.

([4]) *Revue d'Optique*, 26, 1947, p. 164-166.

([5]) *J. Opt. Soc. Amer.*, 39, 1949, p. 370-376.

([1]) *C. R. Lab. Carlsberg*, 22, 1938, p. 235.

([2]) *Proc. Nat. Ac. Sci.*, 29, 1943, p. 306.

la chambre humide de Winge, à l'aide d'un micromanipulateur. Ce procédé permet l'observation directe de la fusion des deux ascopores, ce qui donne une grande confiance dans la *légitimité* des croisements à l'origine des cellules diploïdes obtenues. Mais, les deux spores se trouvant consommées dans le processus de fusion, il est impossible de déterminer leurs caractéristiques. De plus, ne pouvant connaître d'avance les *signes* des spores, on les met en présence au hasard, et l'on diminue ainsi de 50 % les chances d'obtenir des fusions, quelles qu'elles soient par ailleurs.

Lindegren réalise le croisement en masse en mélangeant, dans 1^{cm^3} du milieu de culture liquide, quelques gouttes de chacune des deux cultures haploïdes de *signes* opposés. Les deux inconvénients majeurs de la technique de Winge se trouvent donc écartés. Mais l'absence de contrôle microscopique direct de la fusion dans la méthode telle qu'elle est pratiquée par Lindegren a souvent soulevé des objections. On peut, en effet, craindre que des cellules diploïdes, résultant de fusions *illégitimes* entre cellules d'un même clone, soient confondues avec les vrais hybrides.

Nous avons récemment mis au point une technique nouvelle qui consiste essentiellement à croiser, deux à deux, dans la chambre humide de Winge, des cellules isolées issues de deux clones de *signes* opposés, les caractéristiques de ces clones et, en particulier, leur *signe* ayant été déterminés au préalable.

Dans la pratique, notre technique est la suivante : en vue du croisement, les deux cultures haploïdes subissent au moins un repiquage en milieu liquide frais. Une goutte de chacune des deux cultures est placée sur la lamelle qui forme le toit de la chambre humide de Winge. Un certain nombre de gouttelettes de liquide de culture est déposé sur la même lamelle. La lamelle est posée sur la chambre de Winge. A l'aide du micromanipulateur de Fonbrune, on place au bord de chacune des goutelettes, l'une au contact de l'autre, deux cellules, dépourvues de bourgeons, retirées de chacune des deux cultures. Nous observons directement sous le microscope la fusion, qui se produit généralement, dans les souches que nous avons étudiées, au bout de 2 à 6 heures, ainsi que la formation à partir de la *figure de copulation* ainsi produite, des premières cellules de la diplophase. Celles-ci peuvent être soit immédiatement isolées, soit laissées dans la gouttelette où elles formeront, au bout de 24 heures, des petites cultures. Celles-ci sont alors prélevées à l'aide d'une pipette fine et déposées à la surface d'un milieu gélosé en tube à essais où elles restent jusqu'au moment où l'on désire entreprendre l'étude de la diplophase.

Pour donner un exemple concret de l'application de cette technique, nous citerons une expérience dans laquelle nous avons croisé des cellules de deux clones haploïdes obtenus à partir de la levure de Boulangerie américaine *Yeast Foam*. L'un de ces clones est marqué par le gène récessif *a* (incapacité d'effectuer la synthèse de l'adénine, pigment rouge), l'autre porte son allélomorphe normal *A*. 24 croisements ont été effectués. La fusion a été directement

observée dans neuf cas. Sept asques provenant de deux des clones diploïdes formés dans ces croisements ont été analysés. Six contenaient deux spores *a* et deux spores *A*. Le septième asque contenait trois *a* et un *A*. L'origine de cette anomalie n'est pas claire, mais elle n'introduit pas de doute quant à la *légitimité* du croisement.

On voit que la technique décrite combine les avantages des techniques de Winge et de Lindegren, tout en évitant leurs principaux inconvénients. Elle comporte, en outre, l'avantage supplémentaire de permettre l'isolement, au fur et à mesure de leur formation, des cellules diploïdes formées par les *figures de copulation*, ce qui présente, dans certains cas, un intérêt incontestable.

BIOLOGIE. — *Régénération et stolonisation épigame chez l'Annélide* Syllis prolifera *Krohn*. Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le stolon épigame de *Syllis prolifera*, formé dans les conditions naturelles, est toujours unique et comprend une vingtaine de segments sétigères, la souche une soixantaine. Avant la séparation du stolon se différencient par métamorphose, sur son premier segment, deux paires d'yeux et deux antennes (type *Chætosyllis*) et, sur le dernier segment de la souche, deux bourgeons représentant chacun une moitié latérale de queue, qui se réuniront après libération du stolon.

En sectionnant, en deux ou plusieurs fragments, des individus ne présentant encore aucun indice d'épigamie, j'ai constaté que *tous les tronçons issus de régions du corps postérieures à la trompe*, conservés dans de l'eau fréquemment renouvelée, à une température d'environ 18°, *se stolonisent régulièrement au bout de* 10 *à* 25 *jours*. L'ablation des 20 premiers sétigères avec la trompe détermine la stolonisation de la moitié postérieure du reste du corps.

La section d'individus déjà porteurs d'un stolon donne les mêmes résultats. Lorsqu'un fragment comprend le stolon et une portion postérieure de la souche, la stolonisation ne s'effectue dans cette portion qu'après le détachement du stolon.

Dans tous les tronçons, les transformations, qui progressent d'arrière en avant, s'annoncent par la réduction du tube digestif, dont les débris sont rejetés par l'anus, et par le gonflement des segments stolonisés. La différenciation de la tête et des bourgeons caudaux, la poussée des soies dorsales, le détachement du stolon s'effectuent dans la stolonisation provoquée exactement comme dans la stolonisation normale d'un individu complet.

La comparaison des fragments d'un même individu montre que plus l'origine du tronçon est postérieure, plus la transformation est rapide et plus le nombre

des segments stolonisés est grand relativement au nombre total de segments du tronçon.

Les tronçons qui subissent la stolonisation régénèrent à leurs deux extrémités. Mais la prolifération de segments régénérés à l'extrémité postérieure cesse totalement au moment où les yeux du stolon apparaissent. Les segments postérieurs régénérés prennent directement les caractères du stolon et peuvent acquérir des soies capillaires dorsales épigames. Quant à la régénération antérieure, elle est toujours limitée, comme on le sait (1), à l'édification du prostomium, sans la trompe, et du segment tentaculaire; mais elle n'est pas arrêtée par la stolonisation. Si l'on pratique une section dans un stolon dont les yeux viennent d'apparaître, il n'y a aucune régénération antérieure, mais la régénération postérieure peut produire un pygidium.

Ces faits révèlent l'action exercée sur la stolonisation épigame par la *privation de l'extrémité antérieure* du corps. Bien que cette *épigamie provoquée* semble toujours accompagnée de la maturation de produits sexuels, mes expériences ayant été faites à une époque (février à mai) où la reproduction sexuée de *Syllis prolifera* s'observe à Marseille dans des conditions naturelles, mes résultats paraissent devoir être rapprochés de ceux obtenus par Durchon (2), par section ou par ablation du prostomium chez les Nereis. La transformation épigame des *Syllis* s'effectuant même en présence d'un prostomium régénéré, l'influence inhibitrice de l'épigamie devrait être attribuée, dans ce cas, à d'autres parties du corps, non reproduites par la régénération antérieure.

Les sections influencent non seulement le déclenchement de la transformation épigame des *Syllis*, mais encore sa *localisation*. Ainsi, lorsqu'on sectionne à nouveau en deux fragments un tronçon dans lequel les transformations épigames sont déjà déclenchées par une première intervention (antérieure de 10 jours), le fragment postérieur se stolonise *en totalité* au bout d'une semaine : la tête stoloniale apparaît dans la partie antérieure du premier segment *intact* de ce fragment. La fraction de segment qui précède cette tête, lorsque la section passe au millieu d'un segment, fournit, selon la règle, les deux bourgeons caudaux correspondants; elle peut en outre régénérer ultérieurement une tête pour son propre compte, produisant ainsi à elle seule les deux extrémités du corps.

---

(1) *Cf.* Okada, *Arch. f. Entw.-Mech. der Org.*, **115**, 1929, p. 542.

(2) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 156, et **229**, 1949, p. 81.

RADIOBIOLOGIE. — *Action des anti-oxygènes sur la radioformation de l'eau oxygénée.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La présence d'un anti-oxygène, tel que l'oxychlorure de carbone, exerce une action inhibitrice sur la formation de l'eau oxygénée par les rayons X.

Quand l'eau pure est soumise à l'action des rayons X, le produit principal de l'irradiation est l'eau oxygénée. Cette formation est favorisée, comme on le sait ([1]), par la présence de l'oxygène dissous à l'état libre. Une même dose de rayons X, administrée à de l'eau : 1° privée d'oxygène; 2° saturée d'oxygène, fait apparaître, dans ce dernier cas, une quantité d'eau oxygénée plus de quinze fois supérieure à celle qui est formée dans l'eau dégazée. Cette intervention de l'oxygène est traduite par la relation globale

$$2H_2O + O_2 \rightarrow 2H_2O_2.$$

La présence d'un anti-oxygène modifie cette réaction. Parmi les corps expérimentés (oxychlorure de carbone, hydroquinone, acide ascorbique, cystéine, glutathion, tocophérol), l'oxychlorure de carbone entraîne un résultat remarquable et inhibe, proportionnellement à sa concentration, la radioformation de l'eau oxygénée.

La solution de phosgène est préparée en soumettant 20^{cm^3} de chloroforme, disposés en couche mince dans une enceinte refroidie par de la glace et sous barbotage d'air, à l'action de rayons ultraviolets (Biosol Philips débitant 308 Finsen/min). Cette oxydation du chloroforme entraîne la formation de phosgène :

$$CHCl_3 + O \rightarrow COCl_2 + HCl.$$

Aussitôt après l'exposition aux rayons ultraviolets, le mélange du chloroforme en excès et de l'oxychlorure formé est agité avec 50^{cm^3} de tampon de Clark et Lubs, à pH 2,2, dilué au demi. On décante la couche de chloroforme et l'on utilise aussitôt la solution de phosgène.

1. L'action inhibitrice dépend de la durée du traitement préalable du chloroforme, c'est-à-dire de la quantité de phosgène formée. Avec la technique précédente, le chloroforme est soumis à l'action des rayons ultraviolets pendant des durées variant de 0 à 60 minutes. 3^{cm^3} des solutions aqueuses, chaque fois extraites dans le tampon dilué, reçoivent une dose uniforme de

---

([1]) H. Fricke, E. J. Hart et H. P. Smith, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 238; J. Loiseleur, R. Latarjet et Mlle Th. Caillot, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 730.

rayons X (50 000 r avec le rayonnement K_α du Mo). L'eau oxygénée est dosée par la méthode au sulfate de titane ([2]). Le tableau I montre que la quantité d'eau oxygénée diminue proportionnellement à la durée de l'exposition préalable du chloroforme aux rayons ultraviolets, c'est-à-dire à la teneur en phosgène de l'extrait aqueux correspondant :

TABLEAU I.

Action sur la radioformation de H_2O_2, *de la durée de l'exposition du* $HCCl_3$ *aux* U. V.

Durée de l'exposition initiale du $HCCl_3$ aux U. V. (min.)	0	15	30	45	40
H_2O_2 formée après administration de RX (500 000 r) à l'extrait aqueux du chloroforme (mg %)	12,5	9	7,7	7	5,3

2. Réciproquement, l'expérience montre que l'action inhibitrice est proportionnelle à la concentration du phosgène. Le chloroforme est exposé pendant 1 heure aux U. V., ce qui entraîne, pour l'extrait aqueux final, une concentration d'environ $5^{g}\,{}^{0}/_{00}$ en phosgène. 3^{cm^3} de solution renfermant la même quantité de tampon à pH 2,2, mais des concentrations croissantes en phosgène subissent une irradiation de 500 000 r. Le tableau II montre, comme précédemment, que la quantité d'eau oxygénée radioformée diminue proportionnellement à la concentration du $COCl_2$:

TABLEAU II.

Action de la concentration du $COCl_2$ *sur la quantité de* H_2O_2 *formée par irradiation* (500 000 *r*).

$COCl_2$ à 5 % dans tampon 2,2 au demi (cm³)	–	1	2	5	7
Tampon 2,2 au demi (cm³)	7	6	5	2	–
H_2O_2 formée par les R. X. (mg %)	9,5	7,7	7,1	6,3	3,3

Quant au mécanisme de cette action inhibitrice, elle semble résulter d'une réaction simultanée de l'oxychlorure, d'une part, avec les ions H^+ présents dans la solution et, d'autre part, avec l'oxygène activé par le rayonnement

$$CO\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix} + \begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix} + O^{--} \rightarrow CO_2 + \begin{matrix}ClH\\ClH\end{matrix}.$$

Le phosgène intervient ainsi, par une sorte d'effet-tampon, en détournant l'oxygène activé au détriment de la formation d'eau oxygénée.

Ces expériences constituent ainsi une confirmation indirecte du rôle de l'oxygène dans la formation de l'eau oxygénée par les rayons X.

---

(2) A cet effet, on prépare, pour chaque extrait de $COCl_2$, une série de gammes étalons contenant des quantités croissantes de H_2O_2. On opère chaque fois la réaction au SO_4Ti et l'ensemble des mesures photométriques forme une famille de courbes permettant le dosage exact de l'eau oxygénée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La photolyse fractionnée du pourpre rétinien.* Note (*) de M[lle] **Paulette Berger** et M. **Jacob Segal**, transmise par M. Robert Courrier.

La photolyse fractionnée d'extraits de rétines de Poulet ne démontre pas, comme le pense Wald, l'existence de l'iodopsine. Il s'agit en réalité d'abord de la transformation du pourpre rétinien en orangé, puis de l'orangé en jaune visuel. La photolyse fractionnée de solutions de pourpre rétinien pur donne, en effet, des résultats en tous points comparables à ceux de Wald.

Parmi les différentes tentatives pour mettre en évidence, dans les rétines à cônes, une substance photosensible dont les caractéristiques correspondraient à celles de la vision diurne, c'est le travail de Wald [1] sur l'iodopsine qui a le plus retenu l'intérêt. Cet auteur a signalé l'existence, dans les rétines mixtes de Poulet, d'une substance présentant un maximum de sensibilité à 570$^{m\mu}$; il n'a pas réussi à obtenir un extrait pur de cette substance, mais il croit l'avoir mise en évidence de la manière suivante.

Un extrait brut de rétines de Poulet est d'abord exposé à une lumière rouge de 650$^{m\mu}$ qui entraîne une certaine perte de densité optique, surtout dans les grandes longueurs d'onde. Une exposition à la lumière blanche qui suit ce premier degré de photolyse entraîne une décoloration plus généralisée de la solution. Wald admet, à tort, que la lumière de 650$^{m\mu}$ ne produit aucun effet sur le poupre rétinien, et considère que le premier stade de la photolyse correspond au blanchiment de la substance des cônes, dont l'absorption s'étendrait plus loin dans le rouge. Après épuisement de cette substance, appelée *iodopsine*, par la lumière rouge, l'exposition à la lumière blanche décomposerait le pourpre rétinien. La marge différentielle entre l'absorption de l'extrait brut et le produit de la première photolyse est donc considérée comme la courbe d'absorption du pigment sensible des cônes, la marge entre les absorptions après la première et la seconde photolyse comme celle du pourpre rétinien. En effet, le calcul mène à deux courbes ayant des maxima respectivement à 570 et 510$^{m\mu}$, ce qui semble s'accorder avec cette thèse.

Mais un tel raisonnement ne serait admissible que si le produit photolytique de chacune des substances était incolore. Or, nous savons d'après les travaux de Lythgœ que le premier produit photolytique du pourpre rétinien est l'*orangé transitoire* ayant un maximum d'absorption dans le bleu. Ainsi, les maxima d'absorption déterminés par Wald ne peuvent pas correspondre aux véritables absorptions des substances en question.

Les faits signalés par Wald deviennent compréhensibles par la constatation

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Nature*, Londres, 140, 1937, p. 545.

que vient de faire l'un de nous ([2]) que l'orangé transitoire n'est pas seulement thermo-instable, comme le signale Lythgœ, mais aussi photosensible, bien qu'à un degré moindre que le pourpre rétinien. La lumière rouge décompose avant tout le pourpre rétinien en donnant un orangé transitoire, mais ne décompose que très peu de cette substance en *jaune indicateur*, stade ultime de la photolyse. La lumière blanche qu'on laisse agir ensuite décompose ce qui reste encore d'orangé transitoire. Il suffit, pour rendre compte des observations de Wald, de ne tenir compte que du pourpre rétinien et de ses produits photolytiques connus, sans introduire de substances hypothétiques.

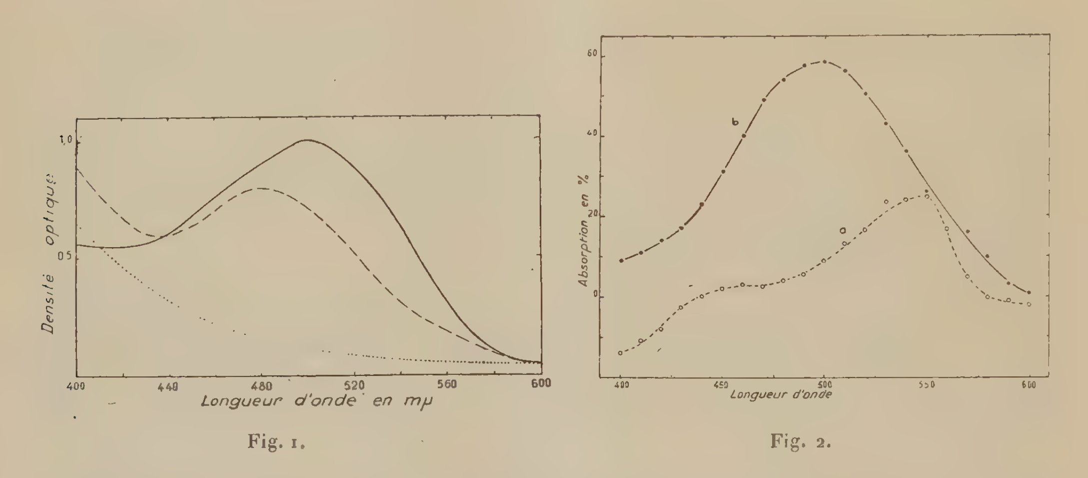


Fig. 1. Fig. 2.

L'expérience démontre qu'on obtient des données très comparables avec celles de Wald en partant d'un extrait de rétines de Grenouille où les segments externes des cônes n'occupent qu'un volume insignifiant par rapport à celui des bâtonnets et où, par conséquent, le pourpre rétinien peut être considéré comme pratiquement pur. La figure 1 montre les résultats de la photolyse fractionnée du pourpre rétinien. Le trait plein indique l'absorption de la solution initiale. Le trait interrompu correspond à l'absorption de la substance après photolyse par la lumière rouge. Le maximum à $480^{m\mu}$ correspond à celui de l'orangé transitoire, mais la montée dans le violet extrême indique qu'une certaine quantité de cette substance a été convertie en jaune indicateur. Enfin, le trait pointillé indique l'absorption après photolyse de l'orangé transitoire à la lumière blanche; il correspond sensiblement à la courbe d'absorption du jaune indicateur au pH 7,0. L'ensemble correspond, à très peu de chose près, aux courbes publiées par Wald.

Si l'on voulait calculer, comme le fait Wald, les courbes des deux substances hypothétiques à partir des marges différentielles de la figure 1, on obtiendrait la figure 2 où *a* correspond à la différence entre pourpre rétinien et

([2]) J. SEGAL, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 22 avril 1950.

orangé transitoire et *b* à la différence entre orangé transitoire et jaune indicateur. On obtiendrait des maxima situés respectivement à 550 et 500$^{m\mu}$ qu'on pourrait attribuer respectivement aux pigments des cônes et des bâtonnets, mais l'origine de ces courbes démontre nettement qu'elles ne sont que fictives, qu'elles ne représentent pas les caractéristiques de substances réelles et en partie inconnues, mais uniquement l'expression mathématique de la différence entre les absorptions de trois substances connues, correspondant aux trois stades photolytiques du pourpre rétinien, ce qui nous permet d'affirmer qu'il n'existe, à l'heure actuelle, aucune démonstration valable d'un pigment rétinien photosensible autre que le pourpre rétinien et ses dérivés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une méthode pour la caractérisation des groupes carboxyliques terminaux dans les protéines. Application à l'insuline.* Note de MM. **Claude Fromageot**, **Marian Jutisz**, Mlle **Denise Meyer** et M. **Lucien Pénasse**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait l'intérêt de connaître, dans les peptides libres et dans les chaînes peptidiques constituant les protéines, les acides aminés terminaux dont les groupes carboxyliques sont libres. Ces acides aminés échappaient jusqu'ici à toute méthode chimique générale de détermination.

La méthode que nous décrivons ici consiste essentiellement à réduire en alcools primaires les groupes carboxyliques libres d'un peptide (préalablement estérifié ou non) ou d'une protéine (non estérifiée) par l'hydrure double de lithium et d'aluminium, puis à hydrolyser totalement le peptide ou la protéine ainsi traités. Cette hydrolyse libère, à côté des acides aminés, un ou plusieurs aminoalcools que l'on sépare par extraction à l'éther ou par chromatographie sur silice, puis que l'on caractérise par chromatographie sur papier.

Des essais sur des peptides connus nous ont montré qu'une telle réduction ne rompt pas la liaison peptidique et fournit, pour un peptide donné, d'une part un aminoalcool proprement dit, et un seul, qui correspond à l'acide aminé terminal du peptide, et d'autre part une substance résultant de la réduction non seulement du groupe carboxylique libre en alcool, mais aussi de celle de la liaison peptidique qui devient alors résistante à l'hydrolyse acide. De telles substances constituent des artefacts qu'il est généralement facile de reconnaître.

Voici, à titre d'exemple, une application de cette méthode à l'insuline : 200 à 300^{mg} d'insuline cristallisée, à 27 U. I./mg, finement broyée et soigneusement séchée sous vide, sont mis en suspension dans 50^{ml} de N-éthylmorpholine additionnée de 0,02 % de zéphyrol (chlorure de diméthyl-alkyl-benzyl-ammonium). Le tout est agité énergiquement (agitateur magnétique) pendant qu'on y introduit goutte à goutte une solution de 300^{mg} d'hydrure double de

lithium et d'aluminium dans 50ml de N-éthylmorpholine. L'opération se fait à température ordinaire, sous azote sec; elle dure environ 4 heures. Au bout de ce temps on décompose l'hydrure subsistant par addition de quelques gouttes d'eau, puis on filtre sur filtre de Büchner. On élimine soigneusement la N-éthylmorpholine par lavages à l'éther du précipité, que constituent la protéine traitée et le résidu minéral provenant de l'hydrure métallique, puis on porte quantitativement ce précipité dans un ballon où la protéine est hydrolysée par 20 à 30ml d'acide chlorhydrique 6 N pendant 24 heures. Lorsque l'hydrolyse est terminée, on élimine la majeure partie de l'acide chlorhydrique libre par concentration sous vide, puis on alcalinise la solution restante par addition de soude. Il se forme un précipité qu'on élimine par filtration. Le liquide, environ 20ml, constitué par le filtrat auquel on a ajouté l'eau de lavage du précipité, est extrait à l'éther, en continu pendant 30 heures. La solution éthérée est évaporée; le résidu est repris par un peu d'éther sec, et cette nouvelle solution est évaporée à son tour. Elle laisse un résidu huileux qu'on reprend par quelques gouttes d'alcool éthylique.

Une partie de la solution alcoolique ainsi obtenue est placée sur un papier à chromatographie (Whatman n° 1), séchée, puis soumise à une chromatographie de partage. On utilise comme solvant, par exemple, un mélange, en volumes, de *n*-butanol-77 + acide acétique-5 + eau-18. La révélation se fait par la ninhydrine qui réagit parfaitement avec les amino-alcools. On observe alors l'apparition rapide de deux taches intenses, de $R_f = 0,19$ et $R_f = 0,28$, puis, parfois, la formation de taches plus faibles, de $R_f = 0,48$ et $R_f = 0,69$. On traite d'autre part de la même façon un hydrolysat d'insuline non réduite; la chromatographie de l'extrait éthéré ne montre alors l'existence d'aucune substance soluble dans l'éther et réagissant avec la ninhydrine.

La détermination de la nature des substances auxquelles sont dues les taches observées nécessite la connaissance du comportement, au cours de la chromatographie sur papier, de chacun des aminoalcools susceptibles d'être engendrés par les seize acides aminés de l'insuline. Nos investigations sur ce comportement nous permettent d'attribuer les deux taches les plus intenses à la colamine et à l'alaninol respectivement, les autres taches dont les R_f ne correspondent à aucun des seize aminoalcools en question étant probablement dues à des artefacts analogues à ceux signalés plus haut. Il convient de remarquer que les quantités d'aminoalcools finalement obtenues sont encore très faibles, ce qui est dû, pour une grande part, à l'imperfection des méthodes d'extraction que nous avons utilisées; nous améliorons actuellement ces méthodes. Quoi qu'il en soit, la détection de l'alanine confirme les résultats obtenus par Lens [1] avec une tout autre technique.

---

[1] *Biochim. Biophys. Acta*, **3**, 1949, p. 367.

PHARMACOLOGIE. — *Action des anesthésiques locaux sur l'effet provoqué par le potassium sur le muscle sartorius de* Bufo vulgaris. Note de M. **Salvatore Guarino**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'ion potassium provoque sur le muscle sartorius isolé du Crapaud un ensemble complexe formé d'une lente contracture et de brèves contractions. Cette réponse se prête bien à l'étude des agents susceptibles de modifier l'action du potassium; elle a en particulier permis de mettre en évidence un antagonisme très marqué vi-à-vis des anesthésiques locaux.

Au cours de recherches réalisées sur le mécanisme de l'action de substances curarisantes, nous avons été amené à considérer dans ses différents aspects, le problème de la plurarité des réactions pharmacodynamyques exercées par la même substance sur les divers types de muscles striés.

Sommerkamp [1] déjà a montré que l'étude de l'action de l'acétylcholine permet de distinguer chez les poïkilothermes, d'une part les fibres à réponse tonique, et d'autre part les fibres à réponse tétanique, les unes et les autres étant susceptibles d'exister en proportions très différentes dans les différents muscles. Bethe [2] également a observé que le potassium ne provoquait pas le même type de contractions sur tous les muscles.

Nos propres observations ont en outre montré que l'ion potassium qui, sur le muscle rectus abdominis provoque une contracture simple, provoque sur le muscle sartorius une réponse plus complexe, dans laquelle à une lente contracture se superpose un grand nombre de brèves contractions.

Cette double action du potassium sur le muscle sartorius peut être mise à profit parallèlement à la réaction déjà connue du muscle droit abdominal [3] dans l'étude du comportement des substances vératriniques.

On a constaté que l'adrénaline par exemple augmentait presque uniquement l'amplitude et le rythme des contractions rapides du muscle sartorius, alors que le renforcement provoqué par la caféine porte avant tout sur la phase tonique.

Les résultats les plus remarquables concernent la désensibilisation par les anesthésiques locaux du muscle strié à l'effet du potassium. En fait, nous avons constaté que la cocaïne diminue déjà, à la dilution de 1/1 000 000, la contracture potassique du muscle sartorius isolé, et qu'elle la supprime à peu près complètement à 1/100 000. La cocaïne agit encore sur la réponse au potassium du muscle droit abdominal, mais, dans ce cas, l'anesthésique n'agit aux faibles concentrations (1/10 000) que sur la première partie de la courbe de contraction, et la contracture potassique n'apparaît réellement déprimée qu'à la concentration de 1/1000.

---

(1) *Arch exp. Path. Pharm.*, 128, 1928, p. 99.
(2) *Biochem. Zeitschr.*, 156, 1925, p. 190.
(3) Z. M. Bacq, *Arch. inter. Pharmacod.*, 63, 1939, p. 59.

Parmi les autres anesthésiques locaux qui neutralisent l'effet du potassium sur le muscle sartorius, la percaïne diminue l'effet du chlorure de potassium à la concentration de 1 : 1 000 000; la novocaïne, la stovaïne, la tutocaïne, et la farmocaïne ([4]) présentent toutes à des degrés divers la même propriété; toutes suppriment entièrement l'action du potassium à la concentration de 1 : 100 000.

Les expériences ont été poursuivies sur le muscle isolé sartorius du Crapaud (*Bufo vulgaris*) qui, parce que plus résistant, se prête mieux que celui de la Grenouille aux expériences de ce type; la préparation est introduite dans un bain de Ringer aéré, et les contractions sont enregistrées au moyen d'un levier isotonique.

L'addition de 1^{cm^3} d'une solution de ClK à 10 % dans un bain de 100^{cm^3} provoque une première réponse du muscle, dont la durée s'étend sur quelques minutes seulement. Après le renouvellement du bain, le muscle répondra par une réaction presque égale à une seconde addition de ClK effectuée 30 minutes après la première; la réaction s'atténue considérablement lors d'une 3e adjonction, réalisée dans les mêmes conditions, d'une même dose de ClK; une dose plus élevée provoquera encore l'excitation du muscle, mais celle-ci n'est alors constituée que de la seule conctracture lente.

Dans la pratique, les muscles sartorius droit et gauche provenant du même animal fournissent des réponses parallèles, en sorte que l'un d'entre eux peut être utilisé comme témoin dans les essais de désensibilisation. Mettant à profit l'effet de l'adrénaline, on aura intérêt à utiliser systématiquement dans tous les essais de ce type un liquide de Ringer additionné d'adrénaline (1 : 100 000) avec lequel il devient possible de renouveler les contractions potassiques plus souvent et à un intervalle de 10 minutes seulement.

L'action des anesthésiques locaux sur la contraction potassique des muscles striés des batraciens prend un intérêt particulier si on la rapproche des nombreuses observations qui permettent d'attribuer aux ions K^+ un rôle essentiel dans le mécanisme de la conduction de l'influx dans la fibre nerveuse.

MICROBIOLOGIE. — *Activité anti-paludique* (Plasmodium berghei) *de l'auréomycine*. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

J. Schneider, Ph. Decourt et G. Montézin, dans deux Notes récentes ([1]), ont attiré l'attention sur l'utilisation du *Plasmodium berghei* (pathogène pour la Souris et le Rat) pour l'évaluation de l'activité curative des médications

---

([4]) Chlorhydrate de *p*-butylaminobenzoyl-diéthylaminoéthanol.

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) *Bull. Soc. Path. exot.*, 42, 1949, p. 449; *ibid.*, séance du 8 février 1950.

anti-paludiques. Il s'agit d'une nouvelle espèce plasmodiale, découverte au Congo belge par Vincke et Lipse et confiée aux auteurs par Garnham, de l'École de Médecine tropicale de Londres [*cf.* Van den Berghe (²)].

J. Schneider nous ayant, sur notre demande, transmis cette couche, nous avons entrepris des essais concernant les effets anti-paludiques de l'auréomycine chez la Souris contaminée. Par ailleurs, nous avons précisé des détails relatifs à l'histologie pathologique de l'infection et à l'évolution du processus en fonction du temps.

I. Évolution et histologie pathologique de l'infection. — Chez les souris contaminées par injection de sang parasité dans la cavité péritonéale (elles succombent en moyenne vers le 7ᵉ jour), les altérations microscopiques intéressent la rate et surtout le foie. Le tissu hépatique, d'aspect normal entre la 1ʳᵉ et la 4ᵉ heure, offre ultérieurement de minuscules foyers lymphocytaires et surtout, à partir de la 24ᵉ heure, une intense accumulation de grains pigmentaires inclus dans le cytoplasme des cellules de Kupfer et des gros macrophages, éléments qui s'accumulent progressivement dans les capillaires intra-lobulaires (surtout au voisinage des gros vaisseaux). Il nous semble que ce pigment provient des hématies parasitées (elles-mêmes pigmentées) que ces phagocytes englobent. De plus, on décèle des foyers de nécrose des cellules hépatiques et aussi une lipidose (³), souvent fortement accusée, de ces cellules. Aucun indice d'évolution intra-hépatique du parasite pouvant être rapproché de l'*Hepatocystes simiæ* [C. Levaditi et Schoen (⁴)]. Altérations analogues dans la rate.

II. Effets thérapeutiques de l'auréomycine. — 1. *Première expérience.* — *a. Souris témoins :* Mortalité le 7ᵉ jour (en moyenne); *b. Souris traitées :* 45ᵐᵍ en trois doses journalières de 15ᵐᵍ. Récidives tardives et *survie moyenne de* 24 jours. Une comparaison par rapport à d'autres antibiotiques montre qu'avec la *chloromycétine* (tifomycine : 60 et 120ᵐᵍ) *la survie est de* 15 *jours,* avec la *pénicilline* (150000 et 300000 U), de 12 *jours,* et enfin avec la *streptomycine* (15000 et 30000 U), de 7 jours et demi seulement.

2. *Seconde expérience.* — Six souris sont contaminées, par la même voie, puis traitées *per os* par 12 doses journalières de 15ᵐᵍ (au total 180ᵐᵍ). Aucune apparition d'hématozoaires dans la circulation sanguine pendant 60 jours. Deux de ces souris, sacrifiées le 15ᵉ jour, sont examinées du point de vue de la virulence du sang et des organes. Or, le cerveau, le foie, la rate, ainsi que les hématies circulantes, se sont révélés stériles.

(²) *IVᵉ Congrès des maladies tropicales et du paludisme,* Washington, 1948, Proc. 2, p. 1436 (cité d'après Schneider et collab.).

(³) Cette lipidose peut apparaître chez les animaux guéris par l'auréomycine, et cela en dehors de toute accumulation de pigment.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.,* 109, 1932, p. 343, confirmés par Garnham (*H. Kochii, Vaspali* et *Epomorphori*).

Conclusions. — Il résulte de ces expériences que l'auréomycine, administrée per os *à la Souris à la dose totale de 45^mg, retarde l'infection et permet une survie moyenne de 24 jours (témoins morts en 7 jours). A la dose supérieure de 180^mg, elle provoque la disparition des hématozoaires sanguins pendant au moins 60 jours et aussi la stérilisation radicale du sang et des organes. Une évaluation de l'action anti-paludique a montré qu'avec un traitement par un total de 180 et de 60^mg, l'activité curative est parfaite, et, par contre, qu'avec les doses totales de 24 et 12^mg, on n'obtient qu'un retard de l'infection (récidives entre le 25e et le 28e jour).*

Conclusions générales. — L'auréomycine agit curativement dans l'infection provoquée chez la Souris contaminée avec le *Plasmodium berghei*. Cette action thérapeutique se rapproche de celle déjà signalée par Coatney, Greenberg, Cooper et Trembley (5) (*P. gallinaceum*) et par Cooper, Coatney, Imboden et Jeffery (6) (Malaria expérimentale *vivax*, souche Chesson).

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'adrénaline, hormone anti-inflammatoire*. Note (*) de MM. **Albert Delaunay, Elie Foucquier** et Mme **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours d'expériences récentes, nous avons eu l'occasion d'examiner le pouvoir artériolo-constricteur de l'adrénaline sur le méso-appendice du Rat par la méthode de Chambers et Zweifach (1). Nous nous sommes servi d'adrénaline Clin (Sempa) en solutions aqueuses (pH 7,5). Quelques gouttes de solutions concentrées (1000 à 100γ d'hormone par centimètre cube), déposées sur le méso-appendice, déterminent une vaso-constriction presque immédiate : la lumière des artérioles s'efface, la circulation en aval est suspendue, les veines sont gorgées de globules sanguins immobiles. Ces phénomènes ne sont pas réversibles, même par un lavage prolongé de la préparation avec de l'eau physiologique. Quelques γ d'adrénaline suffisent encore à provoquer les réactions vasculaires que nous venons de définir, mais cette action n'est plus que transitoire; elle disparaît après lavage. On sait que, d'après les données classiques, le tartrate d'ergotamine est en mesure d'inhiber l'action vaso-constrictrice de l'adrénaline. C'est effectivement ce que nous avons constaté. Un mélange composé, en parties égales, d'une solution de tartrate d'ergotamine à 0,5 ‰ et d'une solution relativement concentrée d'adrénaline (200γ/cm³), appliqué sur le méso-appendice, provoque encore localement une constriction artériolaire avec arrêt de la circulation, mais ces phénomènes n'apparaissent que lentement et ils sont de faible durée. Au bout

(5) *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 72, 1949, p. 586.

(6) *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 72, 1949, p. 587.

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 317.

de quelques minutes, la circulation reprend *spontanément* et les vaisseaux retrouvent leur diamètre initial. L'adénochrome et le monosemicarbazone d'adénochrome (adrénoxyl), étudiés dans les mêmes conditions, n'ont provoqué, même à doses très fortes ($500\gamma/cm^3$), aucune perturbation dans la circulation mésentérique.

Substance vaso-constrictrice, l'adrénaline est aussi capable de diminuer considérablement la perméabilité des membranes capillaires. Nous avons pu mettre cette action en évidence, avec une netteté toute particulière, par notre méthode combinée au toluène et au bleu trypan (2). Du bleu trypan injecté par voie intraveineuse s'accumule très rapidement dans la peau du Lapin qui a été badigeonnée au préalable avec du toluène. Ce phénomène, qui ne fait jamais défaut au niveau d'un tégument normal, manque au contraire si, avant le badigeonnage, on a injecté dans le tissu cutané une certaine quantité d'adrénaline. Les doses encore actives sont extrêmement faibles (moins de $1\gamma/cm^3$). La diminution de perméabilité de la membrane capillaire produite par l'hormone se maintient plus ou moins longtemps, en fonction de l'importance de la dose utilisée (par exemple, avec 10γ, elle dure plusieurs heures). Cette fois encore, on peut atténuer l'intensité du phénomène en injectant, en mélange avec l'hormone, du tartrate d'ergotamine. Une solution d'ergotamine renfermant 200γ de produit par centimètre cube inhibe partiellement, mais nettement, l'action de 10γ d'adrénaline. D'après Parrot (3) l'adénochrome serait aussi capable de diminuer la perméabilité capillaire. Mais cette propriété n'appartient plus à l'adrénoxyl, d'après nos constatations.

L'adrénaline peut enfin entraver l'immigration des leucocytes dans les tissus enflammés. Des staphylocoques, injectés seuls sous la peau d'un cobaye, déterminent localement une diapédèse qui, déjà nette après 1 heure, devient considérable en 6 heures. Au contraire lorsque les germes ont été inoculés avec une dose d'adrénaline de l'ordre de 10γ [dose non nécrosante (4)], l'afflux des polynucléaires est pratiquement nul au bout de 1 heure, et il reste encore très faible après 6 heures. Une telle inhibition de la diapédèse peut être empêchée totalement par le tartrate d'ergotamine.

Ces diverses observations nous paraissent intéressantes à plus d'un titre. Elles expliquent le pouvoir pro-infectieux de l'adrénaline en montrant que celle-ci paralyse, jusqu'à un certain point, les défenses leucocytaires (5). Surtout, elles permettent de faire de cette hormone une substance anti-inflamma toire typique qui atténue ou supprime les trois grandes manifestations vasculaires de l'inflammation : la vaso-dilatation, l'augmentation de perméabilité de la membrane capillaire et la diapédèse. Pareil fait mérite d'être signalé au moment où l'on insiste sur les vertus anti-inflammatoires de la cortisone (6) et de plusieurs autres hormones (7), question que nous étudions nous mêmes en ce moment.

---

(2) *Société anatomique*, séance du 5 janvier 1950. (Article à paraître dans *Pathologie*.)

(3) *C. R. Soc. biol.*, **143**, 1949, p. 819.

(4) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 314.

(5) D. G. Evans, A. A. Miles et J. S. F. Niven, *Brit. J. exp. Path.*, **29**, 1948, p. 20.

(6) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 327.

(7) M. Taubenhaus et G. D. Amromin, *Endocrinology*, **44**, 1949, p. 359.

IMMUNOLOGIE. — *Premiers essais d'application clinique de la vaccine traitée par de faibles doses de formol.* Note (*) de MM. **Paul Nélis, Fernand Schœnærs** et **Alphonse Lafontaine**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une série de Notes antérieures nous avons pu montrer qu'il était possible d'atténuer le virus jennerien par de très faibles doses de formol (1) et de faire perdre à une souche dite encéphalitogène ses propriétés neurotropes tout en maintenant ses propriétés dermotropes (2).

L'action du formol est bloquée par l'action successive de l'ammoniaque et de l'anhydride carbonique (3); il demeure néanmoins vrai que la pulpe ainsi traitée reste plus délicate et perd plus rapidement son activité que la pulpe courante.

L'immunité provoquée par cette pulpe formolée chez le Lapin albinos paraît aussi solide que celle qui est conférée par la même pulpe non traitée : les animaux résistent tous à une inoculation massive de vaccine faite 4 mois ou 8 mois après la vaccination (4).

Ces résultats étant acquis, nous avons cru pouvoir passer à l'expérimentation clinique.

A. *Essais personnels* (5). — Deux groupes d'enfants d'âge scolaire (6 à 16 ans) sont vaccinés, le premier avec la pulpe normale, le second avec la même pulpe fraîchement formolée; certains sont des sujets neufs, d'autres ont été vaccinés, 6 à 10 ans auparavant.

Le résultat de ces vaccinations, observé après 8 jours, est consigné dans le tableau ci-après.

	Pulpe normale.		Pulpe formolée à 0,1 ‰ à 20°C pendant 48 heures.	
Intensité de la réaction.	Primo-vaccinés.	Revac-cinés.	Primo-vaccinés.	Revac-cinés.
Nombre d'enfants dans chaque série ...	2	101	89	12
% de résultats positifs	100	93,3	95,5	83,4
+	–	63	10	8
++	–	27	44	2
+++	–	1	15	–
++++	2	–	16	–
% de résultats négatifs...............	–	6,7	4,5	16,6
Nombre de résultats négatifs (—)......	–	7	4	2

(*) Séance du 15 mai 1950.

(1) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 856.

(2) P. Nélis, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1087; *Bull. Ac. Roy. Méd. Belg.*, **14**, 1949, p. 210.

(3) P. Nélis et A. Lafontaine *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 856.

(4) P. Nélis et A. Lafontaine, *C. R. Soc. Biol.*, 1949, séance de novembre et expériences en cours.

(5) Le Dr Piot, Inspecteur d'Hygiène à Louvain, nous a apporté une aide importante dans la réalisation de ces essais.

Les réactions sont en règle générale moins violentes et le halo inflammatoire péripustulaire est nettement moins marqué avec la pulpe formolée qu'avec la pulpe ordinaire; d'autre part, lorsqu'il y a pustule, celle-ci laisse une cicatrice caractéristique permettant le contrôle.

B. *Essais faits dans un institut de pédiatrie* — Les premiers résultats peu encourageants au début (ne dépassant pas 70 % de positifs), se sont améliorés progressivement par l'emploi d'une technique plus rigoureuse dans la préparation de la vaccine formolée.

Lors d'un essai réalisé dernièrement, le Dr Alliaume a obtenu 14 cas positifs sur 14 enfants vaccinés.

C. *Essais faits à l'intervention de l'Office Vaccinogène de l'État.* — Le conditionnement, l'expédition et la conservation de la pulpe après la réception sont faits dans les conditions habituelles sans précautions particulières; les praticiens n'ont pas été avertis de la modification apportée à la pulpe.

Les premiers essais ont été réalisés avec des souches faibles et ont été décevants (souche 3512), mais en utilisant des souches plus actives et surtout en évitant tout échauffement lors de l'homogénéisation du mélange, nous avons pu élever progressivement le pourcentage des positifs (souches 3514 et 3518) : le tableau ci-dessous illustrera mieux cet essai qu'une longue description.

On peut voir notamment que la souche 3518 formolée donne jusqu'à 97,7 % de résultats positifs.

	Souche 3515 non formolée.		Souche 3512 formolée.		Souche 3514 formolée.		Souche 3518 formolée.	
	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.	Résultat positif.	Résultat négatif.
Primovaccinés	1920 (98,1%)	38 (1,70%)	488 (22,5%)	1678 (77,5%)	1993 (60%)	1324 (40%)	313 (77,9%)	102 (21,1%)
Revaccinés après moins de 10 ans	118 (63,5%)	68 (36,5%)	84 (35,6%)	152 (64,4%)	259 (49,6%)	263 (50,4%)	328 (90,2%)	36 (9,8%)
Revaccinés après plus de 10 ans	350 (83,6%)	69 (16,4%)	22 (32,9%)	45 (67,1%)	994 (87%)	149 (13%)	1218 (97,7%)	29 (2,3%)

Conclusions. — Les premiers essais d'application humaine de la vaccination avec une pulpe vaccinale traitée par le formol à très faible concentration, sont encourageants.

Cette vaccination donne une réaction locale semblable à celle provoquée par la vaccination jennerienne habituelle, quoique dans l'ensemble moins violente. Elle laisse néanmoins une cicatrice indélébile permettant de contrôler *a priori* la réalité et l'efficacité de la vaccination.

Dans les cas que nous avons rapportés, il n'y a eu aucune complication neurologique, mais le nombre de vaccinations effectuées est bien trop faible pour aboutir à une conclusion quelconque.

Si la pulpe formolée employée dans les quelques jours qui suivent sa prépa-

ration donne un pourcentage de résultats positifs comparables à ceux d'une pulpe normale, il n'en reste pas moins vrai que le problème de sa conservation et de son transport reste délicat.

Nous nous attachons actuellement à résoudre ce problème.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réactions allergiques à l'antigène* R. burneti *chez l'africain de la région de Bambari* (*Oubangui-Chari, Afrique équatoriale française*). Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le pourcentage des réactions d'hypersensibilité positives à l'antigène fièvre Q est plus élevé chez les bouchers, marchands de viande, leurs femmes et les pasteurs, que chez les sujets pris au hasard dans un même type de village, en Oubangui-Chari.

On ne peut attribuer cette différence qu'au fait que les premiers sont en contact quasi permanent avec les bovins, tandis que les autres ne s'en approchent qu'exceptionnellement.

Chez les africains du Moyen Congo habitant aux environs de Brazzaville, nous n'avons pas constaté de test d'hypersensibilité positif à l'antigène *R. burneti*.

Par contre, nous avons eu des réactions positives chez trois sujets résidant dans le village cosmopolite de Potopoto et originaires des bords du Congo et de l'Oubangui (de Mossaka à Impfondo). La réaction observée chez un sujet de ce dernier poste était particulièrement intense.

Aussi avons-nous comparativement recherché cette réaction tout d'abord chez des africains n'ayant pas de contact déterminé avec des bestiaux, puis chez des bouchers ou des pasteurs Borobos de la région.

1° Des sujets adultes, pris au hasard, habitant les quartiers ou villages environnant Bambari; la plupart ont été suivis pendant 72 heures et nous avons constaté que 31 sur 89 présentaient un test d'hypersensibilité positif. Il y avait 13 hommes positifs sur 34 et 18 femmes positives sur 55.

2° Nous avons procédé aux mêmes essais sur des bouchers, marchands de bestiaux, sur leurs femmes et leurs employés, sur des équarrisseurs et des pasteurs, avec les résultats suivants :

8 bouchers ou marchands de viande sur 11 se sont montrés hypersensibles.

Leurs employés, sujets amaigris, porteurs de gale infectée ne réagissent que médiocrement au test; 3 seulement sont positifs, sur 14. Par contre, 4 femmes de bouchers sur 5 sont hypersensibles et 5 pasteurs sur 6 réagissent de même.

L'antigène *R. burneti* provoque, comme on le voit, chez les noirs de l'A. E. F., d'autant plus de réactions positives que le conctact des humains avec les bovins

---

(*) Séance du 15 mai 1950.

est plus intime. Les bouchers et surtout les pasteurs sont plus fréquemment hypersensibles, dans cette région, que les sujets exerçant toute autre profession.

Les femmes des bouchers sont plus hypersensibles que les femmes des villages indigènes. Ceci peut être dû, pour une part, au fait que ces femmes secondent leur mari dans leur négoce. Elles se trouvent ainsi plus directement exposées à la contagion.

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h25m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois d'avril 1950 (*suite et fin*).

Untersuchungen über die Stabilität von Pektin in saurer, wässriger Lösung, von Fritz Weber. Zürich, 1944; 1 fasc. 22cm,5.

Zur Kenntnis der Kolloidchemischen Eigenschaften des Humus. Dioxanextraktion und Dispersitätschemie des Fichtenholzlignins, von Henri Perrenoud. Dresden, 1944; 1 fasc. 27cm.

Der biologische Abbau von Zellulose-und Einweiss-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften, von Félix Richard. Zürich, 1945; 1 fasc. 25cm.

Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich, von Hans Pallmann. Zürich, 1946; 1 fasc. 23cm.

VIIe Congrès international des industries agricoles. Paris, 1938. Question II. *Sur l'unification des méthodes d'analyse des vins*, par Ch. Godet; 1 feuillet 24cm.

Über Wasserstoff- und Hydroxylschwarmionen um suspendierte Teilchen und dispergierte Ultramikronen, von Georg Wiegner und Hans Pallmann, in *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde Verlag Chemie*. Teil A. Bd 16, 1930; 1 fasc. 23cm,5.

Die Wasserstoffaktivität in Dispersionen und Kolloiddispersen Systemen, von Hans Pallmann. Dresden und Leipzig, 1930; 1 fasc. 23cm.

Die näturlischen Produktionsgrundlagen der schweizerischen Milchwirtschaft, von Hans Pallmann und E. Frei, in *Die schweizerische Milchwirtschaft*, 1949; 1 fasc. 26cm,

Problèmes de géomagnétisme, par J.-P. Rothé, Émile Thellier, Raymond Jouaust. Alexandre Dauvillier, in *Bibliothèque cosmophysique*. Paris, Éditions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale, 1950; 1 vol. 22cm,5.

Les lampes à éclairs lumière blanche, par Marcel Laporte. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. J. Cabannes).

Essai de classification documentaire de médecine aéronautique, par L. GALLOUIN, in *La Médecine aéronautique* et *Bulletin du service de santé de l'Air*. Paris, L'Expansion scientifique française, s. d.; 1 fasc. 24^{cm}.

Les hautes températures et leurs utilisations en chimie, publié sous la direction de M. PAUL LEBEAU, par FÉLIX TROMBE, avec la collaboration de J.-L. ANDRIEUX, J. BÉNARD, A. BERTON, G. BOUCHET, P. BRÉMOND, G. CHAUDRON, PIERRE CHÉVENARD, J. CUEILLERON, A. DAMIENS, M. DESCARSIN, E. DUPUY, P. FLEURY, M. FOËX, E. FRELING, H. GEORGES, LOUIS HACKSPILL, L. HALM, PIERRE JOLIBOIS, P. LAFFITTE, Y. LETORT, ALBERT MICHEL-LÉVY, B. LONG, R. MAILLET, M. MANSON, L. MOREAU, A. MORETTE, HENRI MURAOUR, M. OSWALD, I. PEYCHÈS, M. PICON, GUSTAVE RIBAUD, XAVIER WACHÉ, JEAN WYART. Paris, Masson, 1950; 2 vol. 25^{cm}.

1° *Congresso luso-espanhol de hidrologia. Actas. Alocucões. Communicaçœs.* Lisboa, Ministerio da economia, 1947; 1 vol. 30^{cm}.

La vie serait-elle possible à bord de satellites artificiels de la Terre ou de projectiles astronautiques?, par ERNEST ESCLANGON. Extrait du *Mémorial de l'artillerie française*, 1949. T. XXIII. Fasc. 4. Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 vol. 23^{cm},5.

L'alcoolisme. Problèmes médico-sociaux. Problèmes économiques, par PAUL PERRIN. Paris, L'Expansion scientifique française, 1950; 1 vol. 24^{cm}.

Bourganeuf, ville médiévale, par JEAN BOUTAUD. Deuxième édition. Bourganeuf. Imprimerie Rebière, 1950; 1 vol. 21^{cm},5.

Einladung zur Teilnahme an der 24. Hochschulwoche der Holschule für Bodenkultur in Wien 12. bis 17. juni 1950. Vorläufiges Programm Ergänzungen un Änderungen vorbehalten. Wien, 1950; 1 fasc. 21^{cm}.

Arkiv för astronomi utgivet av K. Svenska Vetenskaps-Akademien. Band 1. Häfte 1. Stockholm, Almqvist & Wiksells Bochtryckeri AB; London, H. K. Lewis & C° Ltd. Paris, C. Klincksieck, 1950; 1 vol. 25^{cm}.

La parthénogenèse animale, par JEAN ROSTAND, in *Nouvelle collection scientifique*. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 19^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Théorie de la stabilité élastique, 1947. *Théorie des vibrations à l'usage des ingénieurs*, 1947. *Théorie de l'élasticité*, 1948, par STEPHEN TIMOSHENKO, traduits de l'anglais par A. DE RIVA BERNI. *Résistance des matériaux.* Première partie, 1947 : *Théorie élémentaire et problèmes.* Deuxième partie, 1949 : *Théorie développée et problèmes*, par STEPHEN TIMOSHENKO, traduits de l'anglais par CH. LAFFITTE. *Théorie des constructions*, 1949, par STEPHEN TIMOSHENKO et D. H. YOUNG, traduit de l'anglais par FRANCIS SCHELL. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger; 6 vol. 24^{cm}.

The Montreal botanical garden, published by *The department of public works*, division of Parks, City of Montreal, 1947; 1 fasc. 23^{cm}.

Congrès international de microscopie électronique. Paris, 14-22 septembre 1950, organisé par la SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MICROSCOPIE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum, 1950; 1 fasc. 27^{cm}.